МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
МИРЭА

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

Часть I

III Международной научно-практической конференции

«Актуальные проблемы и перспективы развития радиотехнических и инфокоммуникационных систем»

«РАДИОИНФОКОМ – 2017»

МОСКВА 2017

Московский технологический университет (МИРЭА) приветствует участников III Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и перспективы развития радиотехнических и инфокоммуникационных систем».

Цель конференции - обсуждение проблем, направлений и перспектив развития и совершенствования одного из важнейших кластеров мировой экономики - радиоэлектронной и телекоммуникационной отраслей, обеспечивающих функционирование всех жизненно важных элементов государственной инфраструктуры гражданского и оборонного назначения.

Московский технологический университет - признанный в России и в мире современный образовательный и научно-исследовательский центр, сочетающий в своей работе классические университетские традиции и современные образовательные технологии, являющийся одним из лидеров в области подготовки квалифицированных кадров для стремительно развивающихся наукоемких отраслей - радиотехники и электроники, телекоммуникаций, информационных компьютерных технологий, автоматики, кибернетики.

Университет придает большое значение развитию и углублению связей с российскими и зарубежными партнерами. Мы имеем далеко идущие планы по расширению сотрудничества в научно-технической сфере и надеемся, что конференция позволит нам реализовать задуманное.

Оргкомитет конференции

Конференция «РАДИОИНФОКОМ-2017» проводится при поддержке Российского Фонда фундаментальных исследований (РФФИ)

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский технологический университет» (МИРЭА)

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Московский научно-исследовательский институт радиосвязи АО «МНИИРС»

Институт радиотехники и электроники имени В. А. Котельникова РАН

ПАО «НПО «Алмаз» им. академика А.А. Расплетина

АО «Концерн радиостроения «ВЕГА»

ОАО «Научно-производственный комплекс

«Научно-исследовательский институт дальней радиосвязи»

Российское научно-техническое общество радиотехники, электроники и связи имени А.С. Попова

АО «Центральный научно-исследовательский радиотехнический институт имени академика А.И. Берга»

Вильнюсский университет

Университет Евле

АО «Российские космические системы»

АО «РТИ»

ПАО МАК «Вымпел»

Институт общей физики им. А.М.Прохорова РАН

Университет Айзу

Научный совет РАН по комплексной проблеме «Гидрофизика»

Российский фонд фундаментальных исследований

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

III Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и перспективы развития радиотехнических и инфокоммуникационных систем»

Часть I

«РАДИОИНФОКОМ – 2017»

13-17 ноября 2017 года

г. Москва, Россия

ББК 32.84+32.97 я 73
С 23
УДК 621.37+004.9 (063)

С23 В сборнике представлены материалы научных трудов III Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и перспективы развития радиотехнических и инфокоммуникационных систем», отражающие результаты и направления современных фундаментальных и прикладных исследований в различных областях построения радиотехнических и телекоммуникационных систем.

Научные труды сборника представляют интерес для широкого круга научных работников, преподавателей, аспирантов и студентов ВУЗов, связанных с решением проблем построения современных радиотехнических и инфокоммуникационных систем, а также проблем подготовки профессиональных кадров для наукоемких отраслей промышленности.

Материалы научных трудов издаются в авторской редакции.

Редакционная коллегия:

Куликов Г.В., Костин М.С., Малахов Д.В, Битюков В.К., Парамонов А.А., Нефедов В.И., Замуруев С.Н., Гусейн-заде Н.Г., Увайсов С.У., Легкий Н.М., Трубицын А.В., Чернова Н.И., Кочеткова Л.Н., Самохин А.Б., Шестопалов Ю.В., Телицына Р.М.

ISBN 978-5-90363-127-8
978-5-90363-128-5

© Оргкомитет конференции

© Московский технологический университет (МИРЭА), 2017

ОРГКОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ

СОПРЕДСЕДАТЕЛИ:

Гуляев Юрий Васильевич – Президент РНТОРЭС им. А.С. Попова, академик РАН, д.ф.-м.н., профессор

Сигов Александр Сергеевич – Президент МИРЭА, академик РАН, д.ф.-м.н., профессор

Кудж Станислав Алексеевич – Ректор Московского технологического университета (МИРЭА), д.т.н.

ЧЛЕНЫ ОРГКОМИТЕТА:

Андреев Г.И. – генеральный директор АО «ЦНИРТИ им. академика А.И.Берга», д.т.н., профессор

Боев С.Ф. – Председатель Совета директоров ОАО «РТИ», Генеральный конструктор ОАО «РТИ», д.т.н., д.э.н., профессор

Верба В.С. – Генеральный конструктор-первый заместитель генерального директора АО «Концерн радиостроения «ВЕГА», чл.-корр. РАН, д.т.н., профессор

Куликов Г.В. – Директор института РТС МИРЭА, д.т.н., профессор

Кутузов В.М. – Ректор СПбГЭТУ «ЛЭТИ», д.т.н., профессор

Меньшиков В.А. — Первый Вице-президент - Генеральный конструктор ассоциации МАКСМ, д.т.н., профессор

Ненартович Н.Э. – Первый заместитель генерального директора – Генеральный конструктор ПАО «НПО «Алмаз» им. академика А. А. Расплетина, к.т.н.

Нестеров А.В. – Генеральный директор АО «МНИИРС»

Рагуткин А.В. – Проректор МИРЭА по инновационному развитию, к.т.н.

Сапрыкин С.Д. – Генеральный конструктор ОАО «НПК «НИИДАР», к.т.н., профессор

Самсонов Г.А. – Вице-президент РНТОРЭС им. А.С. Попова, к.т.н., доцент

Третьяков В.А. – Главный конструктор ПАО «МАК «Вымпел», д.т.н., профессор

Чернявский Г.М. – Главный конструктор направления космических средств ЕГСОНПО АО «Российские космические системы», чл.-корр. РАН, д.т.н., профессор

Шестопалов Ю.В. – Профессор Инженерной академии шведского Университета Евле, д.ф.-м.н., профессор

Лубашевский И.А. – Профессор японского университета Айзу, д.ф.-м.н., профессор

ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ:

Председатель: Костин М.С. Ученый секретарь: Малахов Д.В. Руководители секций: Битюков В.К., Парамонов А.А., Нефедов В.И., Замуруев С.Н., Гусейн-заде Н.Г., Увайсов С.У., Легкий Н.М., Трубицын А.В., Малахов Д.В., Чернова Н.И., Кочеткова Л.Н., Самохин А.Б., Шестопалов Ю.В.

САЙТ КОНФЕРЕНЦИИ:

http://forum.mirea.ru/

ПРИВЕТСТВЕННОЕ СЛОВО ОРГКОМИТЕТА

Уважаемые коллеги!

Оргкомитет III Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и перспективы развития радиотехнических и инфокоммуникационных систем» приветствует участников и гостей научного форума в стенах Московского технологического университета (МИРЭА).

Цель конференции - обсуждение проблем, направлений и перспектив развития и совершенствования одного из важнейших кластеров мировой экономики - радиоэлектронной и телекоммуникационной отраслей, обеспечивающих функционирование всех жизненно важных элементов государственной инфраструктуры гражданского и оборонного назначения.

Московский технологический университет (МИРЭА) - признанный в России и в мире современный образовательный и научно-исследовательский центр, сочетающий в своей работе классические университетские традиции и современные образовательные технологии, являющийся сегодня одним из лидеров в области подготовки квалифицированных кадров для стремительно развивающихся наукоемких отраслей - телекоммуникаций, информационных компьютерных технологий, автоматики, кибернетики, радиотехники и электроники.

Мы придаем большое значение развитию и углублению научных, образовательных и деловых связей с российскими и зарубежными партнерами, имеем далеко идущие планы по расширению сотрудничества в научно-технической сфере и надеемся, что конференция позволит всем ее участникам реализовать задуманное.

Среди организаторов конференции наши российские и зарубежные коллеги:

- университеты: Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина), Университет Евле (г. Евле, Швеция), Вильнюсский университет, Университет Айзу (г. Фукусима, Япония).

академические партнеры: Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН, Российское научно-техническое общество радиотехники, электроники и связи им. А.С. Попова, Институт общей физики им. А.М.Прохорова РАН, Научный совет РАН по комплексной проблеме «Гидрофизика».

- ведущие отраслевые предприятия и НИИ ОПК: Московский научно-исследовательский институт радиосвязи АО «МНИИРС», ПАО «НПО «Алмаз» им. академика А.А. Расплетина, АО «Концерн радиостроения «ВЕГА», ОАО «Научно-производственный комплекс «Научно-исследовательский институт дальней радиосвязи» (НИИДАР), АО «Центральный научно-исследовательский радиотехнический институт имени академика А.И. Берга», АО «Российские космические системы» (РКС), АО «РТИ», ПАО МАК «Вымпел».

- Российский фонд фундаментальных исследований (РФФИ).

Желаем участникам конференции плодотворного общения и новых научных результатов!

Оргкомитет конференции

СЕКЦИЯ № 1
ОБЩАЯ РАДИОТЕХНИКА

УДК 681.883.41

КОРРЕЛЯЦИЯ МЕЖДУ ДВОИЧНЫМИ СИГНАЛАМИ ЧМ НА ВХОДЕ И ВЫХОДЕ ГИДРОАКУСТИЧЕСКОГО КАНАЛА СВЯЗИ

В.Е. Денисов
Московский технологический университет (МИРЭА), г. Москва, Россия
denisov@mirea.ru

В статье определяется функция взаимной корреляции между входным и выходным сигналами гидроакустического канала связи. В качестве входного сигнала рассматривается сигнал с двоичной частотной модуляцией и прямоугольной огибающей. Рассматриваемый гидроакустический канал связи состоит из передающей и приемной антенн и морской среды. Антенны считаются идеальными, частотно независимыми. В качестве модели морской среды принята модель в виде изотропной, однородной, линейной среды с частотно зависимым коэффициентом затухания. Используется аппроксимация частотной характеристики затухания квадратичной функцией. Это позволяет аппроксимировать амплитудно-частотную характеристику канала гауссовской функцией. Фазо-частотная характеристика канала считается линейной. При указанных условиях получено аналитическое выражение для функции взаимной корреляции. Рассчитаны коэффициенты взаимной корреляции при нулевом сдвиге и при сдвиге на длительность посылки входного сигнала. Расчеты проведены для разных дальностей связи, несущей частоты, начальной фазы и длительности посылки сигнала. Полученные результаты могут быть полезны при выборе параметров сигналов цифровых систем связи и анализе их помехоустойчивости.

Ключевые слова: функция взаимной корреляции, гидроакустический канал связи, коэффициент затухания, амплитудно-частотная характеристика, фазо-частотная характеристика, коэффициент передачи, дальность связи, начальная фаза сигнала, несущая частота, длительность сигнала, коэффициент корреляции, энергия сигнала.

Одним из факторов, ограничивающих скорость передачи информации в гидроакустическом канале связи, является зависимость коэффициента затухания от частоты. Поэтому исследование влияния неравномерности частотной характеристики затухания морской среды на искажения сигналов с различными видами модуляции представляет особый интерес. В данной работе рассматриваются сигналы с двоичной частотной модуляцией и с прямоугольной огибающей. Желание получить результаты в аналитической форме

предопределило выбор аппроксимации частотной характеристики затухания в виде квадратичной функции частоты. Это позволило описать амплитудно-частотную характеристику коэффициента передачи канала гауссовской функцией частоты. Ввиду незначительности дисперсии скорости звука фазо-частотная характеристика коэффициента передачи канала полагается линейной. В качестве меры искажений сигнала рассматриваются коэффициенты взаимной корреляции сигналов на входе и выходе канала при нулевом временном сдвиге и сдвиге на длительность посылки сигнала.

1. Краткая характеристика гидроакустического канала связи

Рассматриваемый гидроакустический канал связи (ГАКС) состоит из передающей и приемной антенн и морской среды. Антенны считаются идеальными, частотно независимыми. В качестве модели морской среды принята модель в виде изотропной, однородной, линейной среды с частотно зависимым коэффициентом затухания $\alpha(f)$ Используя аппроксимацию $\alpha(f)$ функцией

$$\alpha_k(f) = B_k + D_k f^2 \qquad (1)$$

где f- частота в килогерцах, из работы [1], можно представить комплексный коэффициент передачи морской среды $H(j\omega)$ в форме, удобной для аналитических исследований

$$H(j\omega) = H(0)\exp(-a\omega^2 - j\omega t_3), \qquad (2)$$

где ω - угловая частота, рад/с;

$$H(0) = \exp(-0{,}115 B_k R),\ \ a = 0{,}115(2\pi)^{-2}10^{-6} D_k R, \qquad (3)$$

$t_3 = R/C$; R - расстояние между передатчиком и приемником, км; C - скорость звука в морской среде, равная 1,5 км/с.
Для аппроксимации 8:

$$B_8 = 1{,}9\cdot 10^{-3} f_B^{1,5},\ D_8 = 0{,}036/\sqrt{f_B}, \qquad (4)$$

где f_B верхняя частота рабочего диапазона в килогерцах Частотной характеристике (2) соответствует импульсная характеристика вида

$$h(t) = (2\sqrt{\pi a})^{-1} H(0)\exp[-(t-t_3)^2/(4a)], \qquad (5)$$

где $h(t)$ импульсная характеристика, $с^{-1}$; t - время, с; $H(0)$- безразмерный коэффициент из (3); a -коэффициент из (3), $с^2$.

2. Определение взаимной корреляционной функции

Пусть на входе ГАКС имеются два одинаковых импульсных сигнала $S_0(t)$ и $S_1(t)$ с прямоугольными огибающими, но с разными несущими частотами ω_0 и ω_1. Реакциями ГАКС на эти сигналы являются соответственно сигналы $C_0(t)$ и $C_l(t)$. Ставится задача определить функции взаимной корреляции между $S_k(t)$ и $C_l(t)$, $k \neq l$, $k = 0, 1$. Сигналы $S_0(t)$ и $S_1(t)$ имеют вид

$$S_0(t) = П(t)\cos(\omega_0 t + \varphi_0),\ S_1(t) = П(t)\cos(\omega_1 t + \varphi_0), \qquad (6)$$

где $\omega_0 = 2\pi k_0 /T$, $\omega_1 = \pi k_1 /T$, $П(t) = 1(t) - 1(t - T)$, k_0 , k_1 – целые числа, T-длительность сигналов.

Функция взаимной корреляции $K_{SkCl}(\tau)$ между сигналами $S_k(t)$ и $C_l(t)$ может быть определена по известной формуле

$$K_{SkCl}(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} K_{SkSl}(\vartheta) h(\vartheta - \tau) d\vartheta, \quad (7)$$

где $K_{SkSl}(\tau)$- функция взаимной корреляции (ФВК) сигналов $S_k(t)$ и $S_l(t)$ определяемая согласно выражению

$$K_{SkSl}(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} S_k(t) S_l(t - \tau) dt. \quad (8)$$

Можно показать, что для заданных сигналов (6) и при $\varphi_0 = -\pi/2, 0$ функции $K_{S0S1}(\tau)$ имеют вид -

при $\varphi_0 = 0$:

$$K_{S0S1}(\tau) = [П(\tau) - П(-\tau)](\omega_1 \sin \omega_1\tau - \omega_0 \sin \omega_0\tau)/(\omega_0^2 - \omega_1^2), \quad (9)$$

при $\varphi_0 = -\pi/2$:

$$K_{S0S1}(\tau) = [П(\tau) - П(-\tau)](\omega_0 \sin \omega_1\tau - \omega_1 \sin \omega_0\tau)/(\omega_0^2 - \omega_1^2). \quad (10)$$

Функция $K_{S0S1}(\tau) = K_{S0S1}(-\tau)$, то есть является четной функцией.

При анализе помехоустойчивости цифровых гидроакустических систем связи особый интерес представляют значения ВКФ при $\tau = 0$ и при $\tau = \pm T$. Подставив в (8) выражение (5) и поочередно (9) и (10) и вычислив соответствующие интегралы, можно получить следующие выражения для $K_{S0C1}(0)$ и $K_{S0C1}(T)$.

При $\varphi_0 = 0$:

$$K_{S0C1}(0) = 0{,}5H(0)[\omega_1 V(\omega_1\sqrt{a}, 0) - \omega_0 V(\omega_0\sqrt{a}, 0)]/(\omega_0^2 - \omega_1^2), \quad (11)$$

$$K_{S0C1}(T) = 0{,}5H(0)[\omega_0 V(\omega_0\sqrt{a}, 0) - \omega_1 V(\omega_1\sqrt{a}, 0)]/(\omega_0^2 - \omega_1^2). \quad (12)$$

При $\varphi_0 = -\pi/2$:

$$K_{S0C1}(0) = 0{,}5H(0)[\omega_0 V(\omega_1\sqrt{a}, 0) - \omega_1 V(\omega_0\sqrt{a}, 0)]/(\omega_0^2 - \omega_1^2), \quad (13)$$

$$K_{S0C1}(T) = 0{,}5H(0)[\omega_1 V(\omega_0\sqrt{a}, 0) - \omega_0 V(\omega_1\sqrt{a}, 0)]/(\omega_0^2 - \omega_1^2). \quad (14)$$

В формулах (11)-(14) величина $V(x,y) = Im\,[W(x,y)]$, где $W(x,y)$ – интеграл вероятностей от комплексного аргумента [2].

При получении выражений (11)-(16) были отброшены члены порядка $\exp(-T^2/a)$, что для 20 кГц $\le f_0 \le$ 100 кГц , $T \ge$ 0,05 мс, $R \le$ 3 км не приводит к заметной погрешности.

Значения ФВК $K_{S1C0}(\tau)$ при $\tau = 0$ и $\tau = \pm T$. равны $K_{S1C0}(0) = K_{S0C1}(0)$, $K_{S1C0}(\pm T) = K_{S0C1}(\pm T) = K_{S0C1}(T)$.

3. Определение коэффициентов взаимной корреляции

Для численного анализа корреляций удобно перейти к соответству-

ющим коэффициентам корреляции, определяемых по формулам

$$k_{S0C1}(0) = K_{S0C1}(0)/\sqrt{E_S E_1}\,,\ k_{S0C1}(T) = K_{S0C1}(T)/\sqrt{E_S E_1}\,, \quad (15)$$

$$k_{S1C0}(0) = K_{S1C0}(0)/\sqrt{E_S E_0}\,,\ k_{S1C0}(T) = K_{S1C0}(T)/\sqrt{E_S E_0}\,, \quad (16)$$

где $E_S = 0{,}5T$ – энергия сигналов $S_0(t)$ и $S_1(t)$; E_0, E_1 – энергии сигналов $C_0(t)$, $C_1(t)$, определяемые по формулам [3]

$$E_0 = H_0^2(0)[0{,}5T\exp(-2a\omega_0^2) - \sqrt{a/(2\pi)}\ + \\ + (2a\omega_0 - 0{,}5\omega_0^{-1}\cos 2\varphi_0)V(\omega_0\sqrt{2a}\,,0)], \quad (17)$$

$$E_1 = H_0^2(0)[0{,}5T\exp(-2a\omega_1^2) - \sqrt{a/(2\pi)}\ + \\ + (2a\omega_1 - 0{,}5\omega_1^{-1}\cos 2\varphi_0)V(\omega_1\sqrt{2a}\,,0)], \quad (18)$$

Для следующих данных: R = 2 км, f_B = 80 кГц, $f_1 = f_0 + (1/2T)$ на рис.1 приведены зависимости $k_1(T) = k_{S0C1}(0)$ при f_0 = 40 кГц, $k_2(T) = k_{S0C1}(0)$ при f_0 = 60 кГц, а на рис.2 – $k_3(T) = k_{S0C1}(T)$ при f_0 = 40 кГц, $k_4(T) = k_{S0C1}(T)$ при f_0 = 60 кГц. При R = 3 км аналогичные зависимости приведены на рис. 3, 4.

Исходные сигналы $S_0(t)$ и $S_1(t)$ ортогональны, поэтому величины $k_1(T)$ *и* $k_2(T)$ характеризуют степень изменения ортогональности сигналов $S_0(t)$ и $C_1(t)$ на соответствующих частотах.

Величины $k_3(T)$ *и* $k_4(T)$ характеризуют межсимвольную интерференцию, обусловленную увеличением длительности сигналов на выходе ГАКС. Как видно из рис.1, 2, все коэффициенты взаимной корреляции уменьшаются с ростом длительности сигналов T, стремясь к нулю. С ростом частоты f_0 и дальности связи R (рис. 3,4) корреляция увеличивается, что говорит об увеличении искажений сигналов в ГАКС. Причем корреляция для сигналов с $\varphi_0 = -\pi/2$ больше чем при $\varphi_0 = 0$. Коэффициенты корреляции $k_{S1C0}(0)$ и $k_{S1C0}(T)$ изменяются аналогично, но принимают несколько меньшие значения. Располагая зависимостям, подобными приведенным на рис.1-4, можно выбирать параметры сигналов, при которых сигналы будут, относительно инвариантными к частотным искажениям в морской среде. Кроме того, знание коэффициентов взаимной корреляции сигналов необходимо при анализе помехоустойчивости приема сигналов.

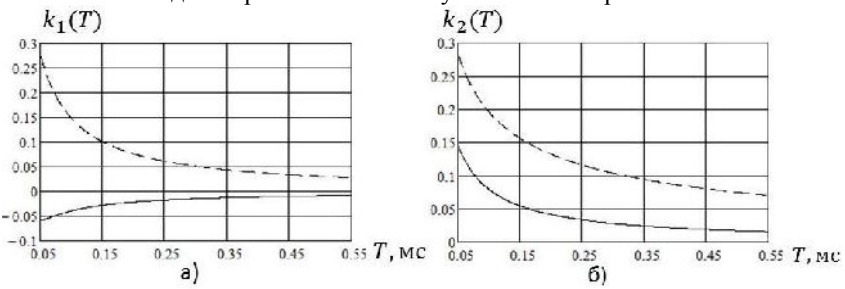


Рис.1. Зависимости $k_1(T)$ и $k_2(T)$ при R = 2 км: —— $\varphi_0 = 0$;- - - $\varphi_0 = -\pi/2$.

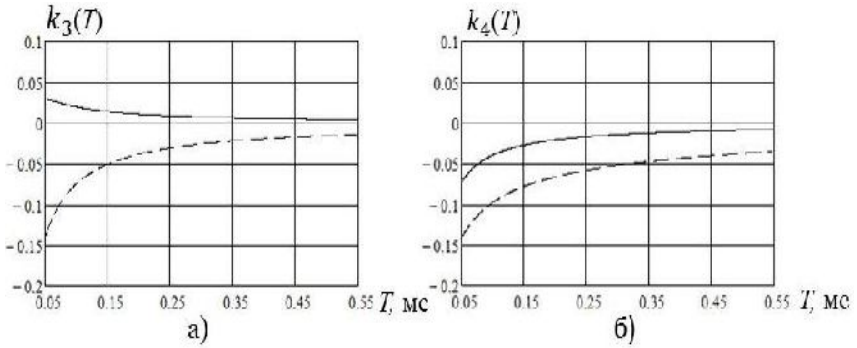


Рис.2. Зависимости $k_3(T)$ и $k_4(T)$ при R = 2 км: —— $\varphi_0 = 0$;- - - $\varphi_0 = -\pi/2$.

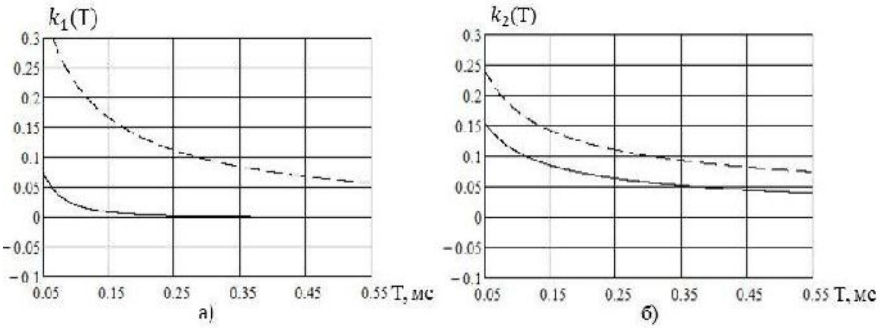


Рис.3. Зависимости $k_1(T)$ и $k_2(T)$ при R = 3 км: —— $\varphi_0 = 0$;- - - $\varphi_0 = -\pi/2$.

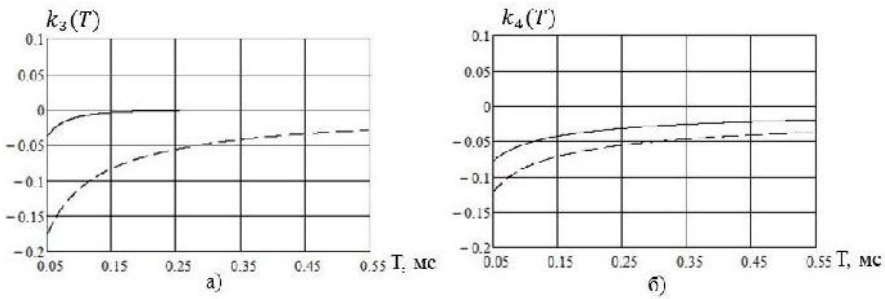


Рис.4. Зависимости $k_3(T)$ и $k_4(T)$ при R = 3 км: —— $\varphi_0 = 0$;- - - $\varphi_0 = -\pi/2$.

Библиографический список

1. Денисов В.Е. Аппроксимация амплитудно-частотной характеристики гидроакустического канала связи по совокупности показателей

ристики гидроакустического канала связи по совокупности показателей качества.// 56-я Научно-техническая конференция МИРЭА: Сб. тр. – М.: МИРЭА, 2007.-Ч.2.Физико-математические науки.-с. 71-76.

2. Фаддеева В.Н., Терентьев Н.М. Таблицы значений интеграла вероятностей от комплексного аргумента. ГИТТЛ, 1954.

3. Денисов В.Е. Анализ искажений высокочастотного импульса с прямоугольной огибающей в морской среде на основе энергетического критерия. // 58-я Научно-техническая конференция МИРЭА: Сб. тр. – М.: МИРЭА, 2009.-Ч.2.Физико-математические науки.-с. 48-54.

THE CORRELATION BETWEEN BINARY FSK SIGNALS AT THE INPUT AND OUTPUT OF THE HYDROACOUSTIC COMMUNICATION CHANNEL

V. E. Denisov
Moscow technological university, Moscow, Russia
denisov@mirea.ru

Abstract. The article defines the function of mutual correlation between the input and output signals of hydroacoustic communication channel. As the input signal examines the signal in binary frequency shift keying and rectangular envelope. Consider gidroakustikisky channel of communication consists of transmitting and receiving antennas and the marine environment. Antennas are considered ideal, frequency independent. As a model of the marine environment adopted the model as isotropic, homogeneous , a linear medium with fre-quency dependent damping factor. Used approximation of the frequency attenu-ation characteristics of a quadratic function. This allows to approximate the fre-quency response of the channel Gaussian function. The phase-frequency charac-teristic of the channel is considered to be linear. Under these conditions, made an analytical expression for cross-correlation functions. Racesa few coefficients of cross-correlation at zero shift and at shift for the duration of the parcels input signal. The calculations are carried out for different ranges of communication, carrier frequency, initial phase and signal duration. The obtained results can be useful for choice parameters of signals of digital communication sys-tems and analyzing their jamming resistance.

Key words: function of mutual correlation, sonar kanal of communica-tion, damping factor, amplitude-frequency characteristics, phase-frequency characteristic, transfer rate, communication range, the initial phase of the si-gnal, carrier frequency, signal duration, the correlation coefficient.

УДК 681.883.41

ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТЬ КОГЕРЕНТНОГО ПРИЕМА ДВОИЧНЫХ СИГНАЛОВ ЧМ С ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ОГИБАЮЩЕЙ В ГИДРОАКУСТИЧЕСКОМ КАНАЛЕ СВЯЗИ

В.Е. Денисов
Московский технологический университет (МИРЭА), г. Москва, Россия
denisov@mirea.ru

Аннотация. В работе исследуется влияние неравномерности частотной характеристики затухания морской среды на помехоустойчивость когерентного приема двоичных сигналов ЧМ с прямоугольной огибающей.

Рассматриваемый гидроакустический канал связи состоит из передающей и приемной антенн и морской среды. Антенны считаются идеальными, частотно независимыми. В качестве модели морской среды принята модель в виде изотропной, однородной, линейной среды с частотно зависимым коэффициентом затухания. Используется гауссовская аппроксимация амплитудно - частотной характеристики и линейная аппроксимация фазо-частотной характеристики коэффициента передачи канала.

В статье получено аналитическое выражение для вероятности ошибки когерентного приемника, оптимального по критерию максимального правдоподобия при действии белого гауссовского шума и отсутствии искажений в морской среде. Проведен анализ зависимости вероятности ошибки от несущей частоты, длительности входного сигнала и дальности связи. Полученные соотношения позволяют обоснованно выбирать параметры передаваемых сигналов в цифровых гидроакустических системах связи.

Ключевые слова: гидроакустический канал связи, коэффициент затухания, взаимная корреляционная функция, коэффициент корреляции, энергия сигнала, несущая частота, длительность сигнала, начальная фаза, дальность связи, частотная характеристика, импульсная характеристика, энергетические потери, межсимвольная помеха, вероятность ошибки.

В работе исследуется влияние неравномерности частотной характеристики затухания морской среды на помехоустойчивость приема двоичных сигналов ЧМ с прямоугольной огибающей в цифровой гидроакустической системе связи. Рассматриваемая система связи состоит из передатчи-

ка, морской среды и приемника. В качестве приемника рассматривается когерентный приемник, оптимальный по критерию максимального правдоподобия при действии белого гауссовского шума и отсутствии искажений в морской среде.

В качестве модели морской среды принята модель в виде изотропной, однородной, линейной среды с частотно зависимым коэффициентом затухания $\alpha(f)$ Используя аппроксимацию $\alpha(f)$ функцией

$$\alpha_k(f) = B_k + D_k f^2 \qquad (1)$$

где f- частота в килогерцах, из работы [1], можно представить комплексный коэффициент передачи морской среды $H(j\omega)$ в форме, удобной для аналитических исследований

$$H(j\omega) = H(0)\exp(-a\omega^2 - j\omega t_3), \qquad (2)$$

где ω - угловая частота, рад/с;

$$H(0) = \exp(-0{,}115 B_k R),\ \ a = 0{,}115(2\pi)^{-2}10^{-6} D_k R, \qquad (3)$$

$t_3 = R/C$; R - расстояние между передатчиком и приемником, км; C - скорость звука в морской среде, равная 1,5 км/с.

Для аппроксимации 8:

$$B_8 = 1{,}9\cdot 10^{-3} f_B^{1,5},\ D_8 = 0{,}036/\sqrt{f_B}, \qquad (4)$$

где f_B верхняя частота рабочего диапазона в килогерцах Частотной характеристике (2) соответствует импульсная характеристика вида

$$h(t) = (2\sqrt{\pi a})^{-1} H(0)\exp[-(t-t_3)^2/(4a)], \qquad (5)$$

где $h(t)$ импульсная характеристика, $с^{-1}$; t - время, с; $H(0)$- безразмерный коэффициент из (3); a -коэффициент из (3), $с^2$.

В каждом интервале времени $[kT, (k+1)T]$ передатчик производит один сигнал $S_{xk}(t - kT)$ из заданного множества сигналов $\{S_0(t), S_1(t)\}$, определенных на интервале $[0,T]$. Сигналы $S_0(t)$, $S_1(t)$ имеют вид

$$S_0(t) = \Pi(t)\cos(\omega_0 t + \varphi_0),\ \ S_1(t) = \Pi(t)\cos(\omega_1 t + \varphi_0), \qquad (6)$$

где $\omega_0 = 2\pi k_0/T$, $\omega_1 = \pi k_1/T$, $\Pi(t) = 1(t) - 1(t - T)$, k_0, k_1 – целые числа, T-длительность сигналов.

Какой именно из этих сигналов будет произведен, определяется символом x_k , поступающим на вход передатчика в течение интервала $[kT, (k+1)T]$. Если $x_k = 0$, то вырабатывается сигнал $S_0(t - kT)$, а при $x_k = 1$ производится сигнал $S_1(t - kT)$. Таким образом, сигнал на выходе передатчика будет иметь вид

$$S(t) = \sum_{k=0}^{N-1} S_{xk}(t - kT), \quad 0 \le t \le T_{CB}, \tag{7}$$

где $T_{СВ} = NT$–длительность сеанса связи, N– число переданных символов.

Реакция $C(t)$ морской среды на этот сигнал может быть представлена в следующем виде

$$C(t) = \sum_{k=0}^{N-1} C_{xk}(t - kT), \tag{8}$$

где

$$C_{xk}(t) = \int_0^{\infty} S_{xk}(\tau) h(t - \tau) d\tau. \tag{9}$$

Как показывают расчеты, на дальностях не более 3 км, длительность T_h импульсной характеристики $h(t)$ $h(t)$ не превосходит 0,05 мс. Поэтому если $T \ge T_h$, то сигналы $C_{x(l-1)}(t - (l - 1)T)$ и $C_{x(l+1)}(t - (l + 1)T)$ практически не перекрываются во времени. Следовательно, при приеме сигнала $C_{xl}(t - lT)$ на интервале $[t_3 + lT, t_3 + (l + 1)T]$ необходимо учитывать только один предшествующий $C_{x(l-1)}(t - (l - 1)T)$ и один последующий $C_{x(l+1)}(t - (l + 1)T)$ сигналы. Удобно далее положить $t_3 = 0$ и $l = 0$. В этом случае на интервале приема $[0,T]$ сигнал $C(t)$ примет вид

$$C(t) = C_{x(l-1)}(t + T) + C_{xl}(t) + C_{x(l+1)}(t - T). \tag{10}$$

Полезный сигнал $C(t)$ суммируется в морской среде с аддитивными помехами $n(t)$. В качестве модели $n(t)$ рассматривается белый гауссовский шум с односторонней спектральной плотностью мощности N_0. Таким образом, сигнал на входе приемника имеет вид

$$Z(t) = C(t) + n(t). \tag{11}$$

Опорные сигналы приемника на интервале $[0,T]$ имеют вид $\mu_0 S_0(t)$ и $\mu_0 S_1(t)$, где $\mu_0 = H(0)\exp(-a\omega_0^2)$ коэффициент передачи морской среды на частоте ω_0. Приемник, оптимальный по критерию максимального правдоподобия, принимает решение о том, что передан символ j, если выполняется неравенство

$$X_j - P_j > X_r - P_r \tag{12}$$

для всех $r \ne j$.

В неравенстве (12)

$$X_j = \frac{2}{T}\int_0^T Z(t)\mu_0 S_j(t)dt, \quad P_j = \frac{1}{T}\int_0^T \mu_0^2 S_j^2(t)dt, \tag{13}$$

$$X_r = \frac{2}{T}\int_0^T Z(t)\mu_0 S_r(t)dt, \quad P_r = \frac{1}{T}\int_0^T \mu_0^2 S_r^2(t)dt, \tag{14}$$

Здесь P_j, P_r – средние мощности сигналов $\mu_0 S_j(t)$ и $\mu_0 S_r(t$.

Предположим, что на интервале $[0,T]$ передается символ j (сигнал $S_j(t)$). Тогда вероятность ошибки приемника представляет собой вероятность того, что неравенство (12) не выполняется. На работу приемника в интервале $[0,T]$ будут влиять также сигналы от предшествующего и последующего символов.

Пусть на предшествующем интервале $[-T,0]$ передавался символ i , а на последующем интервале $[T,2T]$ символ k . В этом случае полезный сигнал $C(t)$ на интервале $[0,T]$ можно представить в виде

$$C_{ijk}(t) = C_i(t+T) + C_j(t) + C_k(t-T), \tag{15}$$

где

$$C_\nu(t) = \int_0^t S_\nu(\tau)h(t-\tau)d\tau. \tag{16}$$

С учетом аддитивных помех сигнал на входе приемника на интервале $[0,T]$ принимает вид

$$Z(t) = C_{ijk}(t) + n(t). \tag{17}$$

Как показывает анализ, вероятность ошибки при передаче символа 1 можно определить по формуле

$$p_{ош}(1) = p(0/1) = P(i)P(k)\sum_{i=0}^{1}\sum_{k=0}^{1} p(0/i,1,k), \tag{18}$$

где $P(i)$, $P(k)$ – априорные вероятности символов i, k; $p(0/i,1,k)$ - условная вероятность ошибки при передаче последовательности символов i, 1, k , которую можно определить по формуле

$$p(0/i,1,k) = 0{,}5[1 - erf(q_{10}(i,1,k)/\sqrt{2})]. \tag{19}$$

А вероятность ошибки при передаче символа 0 по формуле-

$$p_{ош}(0) = p(1/0) = P(i)P(k)\sum_{i=0}^{1}\sum_{k=0}^{1} p(1/i,0,k), \tag{20}$$

где

$$p(1/i,0,k) = 0{,}5[1 - erf(q_{01}(i,0,k)/\sqrt{2})]. \tag{21}$$

В выражениях (19) и (21) величины $q_{10}(i,1,k)$ и q_{01} $(i,0,k)$ определяются по формулам

$$q_{10}(1,1,1) = h_1[2k_{S1C1}(T) + k_{S1C1}(0) - k_{S0C1}(0) - 2k_{S0C1}(T)], \tag{22}$$

$$q_{10}(0,1,1) = h_1[m k_{S1C0}(T) + k_{S1C1}(0) + k_{S1C1}(T) - m k_{S0C0}(T) -$$

$$- k_{S0C1}(0) - k_{S0C1}(T)], \quad (23)$$

$$q_{10}(0,1,0) = h_1[2mk_{S1C0}(T) + k_{S1C1}(0) - k_{S0C1}(0) - 2mk_{S0C0}(T)], \quad (24)$$

$$q_{10}(1,1,0) = h_1[k_{S1C1}(T) + k_{S1C1}(0) + mk_{S1C0}(T) - k_{S0C1}(T) - - k_{S0C1}(0) - mk_{S0C0}(T)], \quad (25)$$

$$q_{01}(1,0,1) = h_1[2k_{S0C1}(T) + mk_{S0C0}(0) - 2k_{S1C1}(T) - mk_{S1C0}(0)], \quad (26)$$

$$q_{01}(0,0,1) = h_1[mk_{S0C0}(T) + mk_{S0C0}(0) + k_{S0C1}(T) - mk_{S1C0}(T) - - mk_{S1C0}(0) - k_{S1C1}(T)], \quad (27)$$

$$q_{01}(0,0,0) = mh_1[2k_{S0C0}(T) + k_{S0C0}(0) - 2k_{S1C0}(T) - k_{S1C0}(0)], \quad (28)$$

$$q_{01}(1,0,0) = h_1[k_{S0C1}(T) + mk_{S0C0}(0) + mk_{S0C0}(T) - k_{S1C1}(T) - - mk_{S1C0}(0) - mk_{S1C0}(T)], \quad (29)$$

где

$$h_1 = h\sqrt{2/(1+m^2)}, \quad h = \sqrt{E_{CP}/N_0} \quad (30)$$

– отношение сигнал /шум на входе приемника сигналов ЧМ,
$E_{CP} = 0{,}5(E_0 + E_1)$, $m = (E_0/E_1)^{0,5}$, E_0, E_1 – энергии сигналов $C_0(t)$ и $C_1(t)$ соответственно на частотах ω_0 и ω_1; $k_{SkCl}(\tau)$, $k,l = 0{,}1$– коэффициенты корреляции между сигналами $S_k(t)$ и $C_l(t)$ из [2].

Энергия высокочастотного сигнала с прямоугольной огибающей и несущей частотой ω_k на выходе морской среды определена в работе [3].

Как показывает анализ, $p_{ош}(0) \neq p_{ош}(1)$ и следовательно дискретный канал связи с сигналами ЧМ будет не симметричным. Средняя вероятность ошибки при приеме любого из двух равновероятных символов этом в этом случае равна

$$p_{ош} = 0{,}5[P(1/0) + P(0/1)]. \quad (31)$$

Если пренебречь межсимвольными помехами, положив $k_{SkCl}(T) = 0$, можно получить следующие приближенные выражения для условных вероятностей ошибки

$$p_{ош}(1) = 0{,}5[1 - erf\,(q_{10}(1,1,1)/\sqrt{2})], \quad (32)$$

$$p_{ош}(0) = 0{,}5[1 - erf\,(q_{01}(1,0,1)/\sqrt{2})], \quad (33)$$

где

$$q_{10}(1,1,1) = h_1[k_{S1C1}(0) - k_{S0C1}(0)], \quad (34)$$

$$q_{01}(1,0,1) = mh_1[k_{S0C0}(0) - k_{S1C0}(0)]. \quad (35)$$

Если вообще пренебречь искажениями сигналов, но учесть только неравенство их энергий, то $p_{ош}(1)$ и $p_{ош}(0)$ будут определятся выражениями (32) и (33), в которых необходимо определять $q_{10}(1,1,1)$, $q_{01}(1,0,1)$ по

формулам : $q_{10}(1,1,1) = h_1$, $q_{01}(1,0,1) = m\,h_1$

Как показывает анализ и в последних двух случаях дискретный канал связи также является не симметричным.

Введем относительную меру снижения помехоустойчивости за счет искажений сигнала в морской среде

$$\delta_0 = p_{ош} / p_{ош,ид}, \qquad (36)$$

где $p_{ош,ид}$ – вероятность ошибки в идеальном канале без искажений, определяемая по формуле

$$p_{ош,ид} = 0{,}5[1 - erf\,(h/\sqrt{2})], \qquad (37)$$

Как показывает предыдущий анализ $\delta_0 = f(\omega_0, \omega_1, T, \varphi_0, R, h)$. Задаваясь допустимым значением $\delta_{0,доп}$, при заданной дальности связи R, можно определить область допустимых значений параметров передаваемого сигнала.

Интересно также сравнить вероятность ошибки $p_{ош}$, рассчитанную по точной формуле, с вероятностью ошибки p_1 при не учете межсимвольных искажений и с вероятностью ошибки p_2 при отсутствии искажений, но с учетом разного ослабления сигналов на частотах ω_0, ω_1.

На рис.1а приведены зависимости $p_{ош}$ и $p_{ош,ид}$ от отношения сигнал/шум h при $\varphi_0 = 0$ и $\varphi_0 = -\pi/2$. Вычисления проводились при следующих исходных данных: $R = 2$ км, $T = 0{,}1$ мс, $f_0 = 40$ кГц, $f_1 = f_0 + 1/(2T)$, $f_B = 80$ кГц. Как видно из данного рисунка искажения существенно увеличивают вероятность ошибки, причем это увеличение больше при $\varphi_0 = -\pi/2$ и тем больше, чем больше отношение сигнал/шум h.

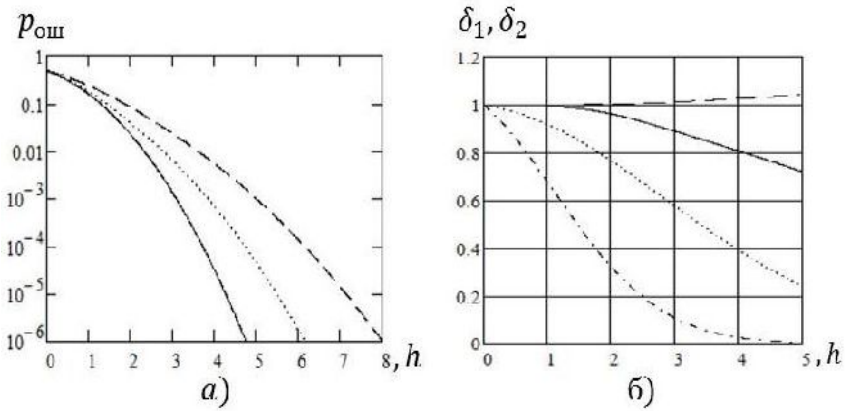


Рис.1. а): ── $p_{ош,ид}$,┈┈┈ $p_{ош}$ *при* $\varphi_0 = 0$, ─ · ─ $-p_{ош}$ *при* $\varphi_0 = -\pi/2$; б): ── δ_1 *при* $\varphi_0 = 0$, - - - δ_1 *при* $\varphi_0 = -\pi/2$, ┈┈┈ δ_2 *при* $\varphi_0 = 0$, ─ · ─ δ_2 *при* $\varphi_0 = -\pi/2$

На рис.1б приведены зависимости $\delta_1 = p_1 / p_{ош}$ и $\delta_2 = p_2 / p_{ош}$ от h. Эти зависимости показывают, что не учет межсимвольных помех приводит к заметному уменьшению вероятности ошибки. Тот же результат имеет место в случае пренебрежения искажениями сигналов и учете лишь различного ослабления сигналов на частотах f_0 и f_1.

На рис.2 представлены зависимости $\delta_0(T)$ при двух значениях h: h = 3,090 ($p_{ош,ид} = 10^{-3}$) и h = 4,265 ($p_{ош,ид} = 10^{-5}$). На рис.2а - для f_0 = 40 кГц, а на рис.2б - для f_0 = 60 кГц; остальные данные те же, что и для рис.1. Как видно из рис.2 величина δ_0 уменьшается с ростом длительности сигнала T. Это уменьшение тем больше, чем меньше заданное отношение сигнал/шум h или чем больше вероятность ошибки $p_{ош,ид}$.

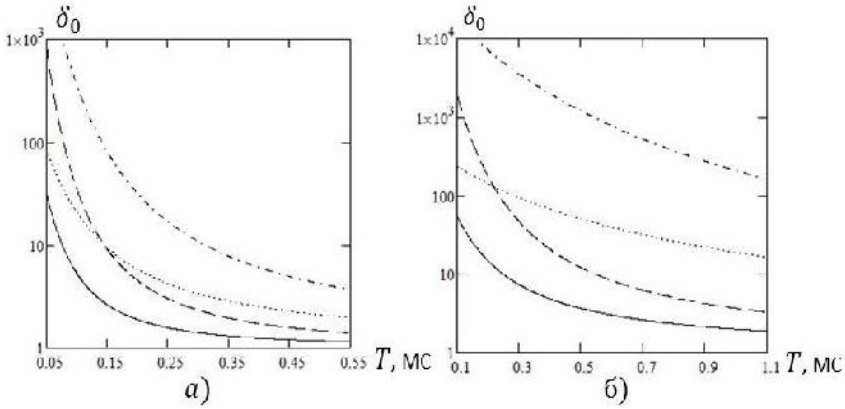


Рис.2. Зависимости $\delta_0(T)$: ── *при* $\varphi_0 = 0$, h = 3,090; ····- *при* $\varphi_0 = -\pi/2$, h = 3,090; - - - - *при* $\varphi_0 = 0$, h = 4,265; — · — *при* $\varphi_0 = -\pi/2$, h = 4,265

Величина δ_0 у сигналов с $\varphi_0 = 0$ меньше чем у сигналов с $\varphi_0 = -\pi/2$ и увеличивается с ростом f_0 и R.

Имея зависимости δ_0 (T) для различных значений f_0, φ_0, R, $p_{ош,ид}$. можно обоснованно выбирать параметры двоичных сигналов ЧМ в гидроакустическом канале связи и сравнивать эти сигналы с другими сигналами.

Библиографический список

1. Денисов В.Е. Аппроксимация амплитудно-частотной характеристики гидроакустического канала связи по совокупности показателей качества // 56-я Научно-техническая конференция МИРЭА: Сб. тр. – М.: МИРЭА, 2007. -Ч.2. Физико-математические науки.-с. 71-76.

2. Денисов В.Е. Корреляция между двоичными сигналами ЧМ на входе и выходе гидроакустического канала связи. Настоящий сборник.

3. Денисов В.Е. Анализ искажений высокочастотного импульса с прямоугольной огибающей в морской среде на основе энергетического критерия. // 58-я Научно-техническая конференция МИРЭА: Сб. тр. – М.: МИРЭА, 2009. -Ч.2.Физико-математические науки.-с. 48-54.

NOISE IMMUNITY OF COHERENT RECEPTION BFSK SIGNALS WITH RECTANGULARENVELOPE IN A HYDROACOUSTIC COMMUNICATION CHANNEL

V.E. Denisov

Moscow Technological University (MIREA), Moscow, 119454 Russia

Corresponding author, e -mail: denisov@mirea.ru

Abstract. This paper studies the impact of uneven frequency response attenuation of the marine environment on the noise immunity of coherent reception of binary FSK signal with a rectangular envelope. Consider the hydroacoustic channel of communication consists of transmitting and receiving antennas and the marine environment. Antennas are considered ideal, frequency independent. As a model of the marine environment adopted the model as isotropic, homogeneous, linear medium with frequency dependent damping factor. Use Gaussian approximation to the amplitude - frequency characteristic and a linear approximation of the phase-frequency characteristics of the transmission channel. In the article an analytical expression for the error probability of the coherent receiver, which is optimal according to the criterion of maximum likelihood under the action of white Gaussian noise and no distortion in the marine environment. Made analysis of the dependence of the probability of error of the carrier frequency, the duration of the input signal and the communication range. . The obtained relations allow us to reason-ably choose parameters of the transmitted signals in a digital sonar communication systems.

Key words: hydroacoustic communication channel, attenuation coefficient, correlation function, correlation coefficient, energy of the signal, carrier frequency, signal duration, the initial phase, the communication range, frequency response, impulse response, energy loss, intersymbol interference, error probability.

УДК 621.37

АНАЛИЗ НЕЛИНЕЙНЫХ ЧАСТОТНО-ИЗБИРАТЕЛЬНЫХ ЦЕПЕЙ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ НЕЛИНЕЙНОГО ЭЛЕМЕНТА С КУСОЧНО-ПОЛИНОМИАЛЬНОЙ ВОЛЬТАМПЕРНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКОЙ

В.Н. Исаков
Московский технологический университет (МИРЭА), г. Москва, Россия
e-mail: vnisakov@rambler.ru

Аннотация. Предложен подход к анализу нелинейных частотно-избирательных цепей на основе модели нелинейного элемента с кусочно-полиномиальной вольтамперной характеристикой, который может оказаться полезным в том числе и при численно-аналитическом моделировании.

Ключевые слова. Нелинейная радиотехническая цепь, нелинейная частотно-избирательная цепь, нелинейный безынерционный элемент, нелинейный инерционный элемент, спектральный анализ, состав тока через нелинейный элемент, угол отсечки, вольтамперная характеристика, импульс.

Наиболее распространённой теоретической моделью электронного прибора при анализе частотно-избирательных цепей является нелинейный безынерционный резистивный элемент (далее кратко – нелинейный элемент). Нелинейный элемент характеризуется вольтамперной характеристикой (ВАХ), которая обычно оказывается заданной графически. В дальнейшем под ВАХ понимается также и проходная ВАХ транзисторов.

Традиционно при гармоническом воздействии вводятся линейная, полиномиальная и кусочно-линейная аппроксимации ВАХ, а также экспоненциальные модели [1-9]. Кусочно-линейная аппроксимация рассматривается, когда рабочий участок охватывает такой диапазон изменения тока и напряжения на нелинейном элементе, который соответствует отсечке тока – ток через нелинейный элемент имеет импульсный характер. При этом спектральный состав тока через нелинейный элемент может быть найден с использованием коэффициентов или функций Берга.

В ряде случаев результаты, основанные на кусочно-линейной модели, оказываются весьма приближённым, а использование методики на основе коэффициентов А.И. Берга обусловлено исторически, поскольку обеспечивает простоту и компактность расчётов, позволяет использовать таблицы и графики. Однако, при наличии компьютера простота расчётов не должна являться определяющим фактором. Исходя из этого можно предложить более универсальный подход к анализу нелинейных частотно-избирательных цепей, когда имеет место отсечка тока, а нелинейностью участка прозрачности ВАХ пренебрегать нет никаких предпосылок. Например, это при необходимости позволяет точнее учитывать отклонение

участков прозрачности ВАХ от линейного закона.

1. Анализ нелинейной частотно-избирательной цепи на основе безынерционной модели нелинейного элемента с кусочно-полиномиальной ВАХ

Кусочно-полиномиальная вольтамперная характеристика описывается выражением:

$$i(u)=\begin{cases}0, u \le U_{\text{отс}} \\ \sum\limits_{i=1}^{N}(u-U_{\text{отс}})^i, u > U_{\text{отс}}\end{cases}, \quad (1)$$

где i – ток через нелинейный элемент, u – приложенное напряжение, $U_{\text{отс}}$ – напряжение отсечки тока, $a_i, i=1,...,N$ – коэффициенты полинома, аппроксимирующего участок прозрачности ВАХ.

Напряжение на нелинейном элементе при гармоническом воздействии складывается из напряжения начального смещения U_0 и колебания с амплитудой U_m и частотой ω_1:

$$u(t)=U_0+U_m\cos(\omega_1 t). \quad (2)$$

Ток через нелинейный элемент представляет собой периодическую последовательность импульсов. Половина длительности импульсов тока, выраженная в единицах электрического времени, называется углом отсечки $\theta=\dfrac{\omega\tau_u}{2}$. Угол отсечки определяется из условия равенства напряжения на нелинейном элементе в момент электрического времени θ напряжению отсечки, что даёт

$$\cos\theta=\frac{U_{\text{отс}}-U_0}{U_m}. \quad (3)$$

С учётом (1), (2) запишем математическое описание одного импульса тока через нелинейный элемент:

$$\begin{aligned} i_0(t)&=\sum_{i=0}^{N}a_i U_m^i(\cos\omega_1 t-\cos\theta)^i\,\text{rect}\left(\frac{\omega_1 t}{2\theta}\right)= \\ &=\sum_{i=0}^{N}a_i U_m^i\sum_{k=0}^{i}(-1)^{i-k}C_i^k\cos^{i-k}(\theta)\cos^k(\omega_1 t)\,\text{rect}\left(\frac{\omega_1 t}{2\theta}\right), \end{aligned} \quad (4)$$

где C_i^k – биномиальные коэффициенты. Воспользовавшись представлением $\cos^k(\omega_1 t)=\dfrac{1}{2^k}\sum\limits_{l=0}^{k}C_k^l\cos((k-2l)\omega_1 t)$, получим:

$$i_0(t) = \sum_{i=0,k,l=0}^{N,i,k} a_i U_m^i \frac{(-1)^{i-k}}{2^k} C_k^l C_i^k \cos^{i-k}(\theta)\cos\big((k-2l)\omega_1 t\big)\times \\ \times \operatorname{rect}\left(\frac{\omega_1 t}{2\theta}\right). \quad (5)$$

Спектральную плотность импульса (5) найдём с учётом свойств линейности и теоремы смещения спектра для преобразования Фурье:

$$I_0(\omega) = \frac{\theta}{\omega_1} \sum_{i=0,k,l=0}^{N,i,k} a_i U_m^i \frac{(-1)^{i-k}}{2^k} C_k^l C_i^k \cos^{i-k}(\theta)\times \\ \times\left[\operatorname{sinc}\left(\frac{(\omega-(k-2l)\omega_1)\theta}{\omega_1}\right)+\operatorname{sinc}\left(\frac{(\omega+(k-2l)\omega_1)\theta}{\omega_1}\right)\right]. \quad (6)$$

Коэффициенты разложения периодической последовательности импульсов тока через нелинейный элемент в ряд Фурье в комплексной форме получим из (6) в виде:

$$\dot{A}_n = \frac{\theta}{2\pi} \sum_{i=0,k,l=0}^{N,i,k} a_i U_m^i \frac{(-1)^{i-k}}{2^k} C_k^l C_i^k \cos^{i-k}(\theta)\times \\ \times\left[\operatorname{sinc}\big((n-k+2l)\theta\big)+\operatorname{sinc}\big((n+k-2l)\theta\big)\right]. \quad (7)$$

Обозначив

$$f_{0,i}(\theta) = \frac{\theta}{\pi} \sum_{k,l=0}^{i,k} \frac{(-1)^{i-k}}{2^k} C_k^l C_i^k \cos^{i-k}(\theta)\operatorname{sinc}((k-2l)\theta),$$

$$f_{n,i}(\theta) = \frac{\theta}{\pi} \sum_{k,l=0}^{i,k} \frac{(-1)^{i-k}}{2^k} C_k^l C_i^k \cos^{i-k}(\theta)\times \\ \times\left[\operatorname{sinc}\big((n-k+2l)\theta\big)+\operatorname{sinc}\big((n+k-2l)\theta\big)\right], n>0, \quad (8)$$

ток через нелинейный элемент представим в виде совокупности гармонических составляющих вида:

$$i(t) = \sum_{n=0}^{+\infty} I_n \cos\big(n\omega_1 t\big), \quad (9)$$

где коэффициенты

$$I_n = \sum_{i=1}^{N} a_i U_m^i f_{n,i}(\theta). \quad (10)$$

Модули коэффициентов (10) определяют амплитуды гармонических составляющих тока через нелинейный элемент, коэффициент I_0 – постоянную составляющую. Если коэффициент $I_n > 0$, то начальная фаза соответствующей гармоники равна нулю, если $I_n < 0$, то начальная фаза соот-

ветствующей гармоники равна π.

Функции (8), определяющие спектральный состав тока через нелинейный элемент, зависят только угла отсечки и, аналогично коэффициентам Берга, могут быть табулированы, представлены графически или просто рассчитаны с использованием компьютера. В частном случае, при $i=1$, выражения (8) дают коэффициенты Берга $\gamma_n(\theta)=f_{n,1}(\theta)$.

На основе выражений (10) и (3) могут быть получены колебательная (амплитудная), детекторная и статическая модуляционная характеристики частотно-избирательного каскада на основе нелинейного элемента с кусочно-полиномиальной ВАХ.

2. Анализ нелинейной частотно-избирательной цепи на основе инерционной модели нелинейного элемента с кусочно-полиномиальной ВАХ

В рамках инерционной модели ток (5) дополнительно подвергается линейному инерционному преобразованию с комплексной частотной и импульсной характеристиками вида:

$$H(\omega)=\frac{1}{1+j\omega\tau},\ h(t)=\frac{1}{\tau}\sigma(t)e^{-\frac{t}{\tau}}, \tag{11}$$

где τ - постоянная времени нелинейного элемента, $\sigma(t)$ - функция Хевисайда.

Выражение для импульса тока в рассматриваемом случае найдём как свёртку импульсной характеристики (11) и импульса (5):

$$i_0(t)=\sum_{i=0,k,l=0}^{N,i,k} a_i U_m^i \frac{(-1)^{i-k}}{2^k} C_k^l C_i^k \cos^{i-k}(\theta)\times$$
$$\times|H(\omega_{k-2l})|\left(\cos\left(\omega_{k-2l}t+\varphi_H(\omega_{k-2l})\right)-\right.$$
$$\left.-e^{-\frac{\omega_1 t+\theta}{\omega_1\tau}}\cos\left((k-2l)\theta+\varphi_H(\omega_{k-2l})\right)\right),-\theta\le\omega_1 t\le\theta;$$

$$i_0(t)=\sum_{i=0,k,l=0}^{N,i,k} a_i U_m^i \frac{(-1)^{i-k}}{2^k} C_k^l C_i^k \cos^{i-k}(\theta)\times \tag{12}$$
$$\times|H(\omega_{k-2l})|e^{-\frac{\omega_1 t+\theta}{\omega_1\tau}}\cos\left((k-2l)\theta\right)\cos\left(\varphi_H(\omega_{k-2l})\right),\omega_1 t>\theta;$$

где $\omega_n=n\omega_1, n=0,\pm1,\pm2,...,\ \varphi_H(\omega)=\arg H(\omega)$.

Ток через нелинейный элемент является результатом периодизации $i_0(t)$. При условии, что постоянная времени $3\tau<0{,}5T$ (то есть $\omega_1\tau<1$), наложением импульсов при периодизации можно пренебречь.

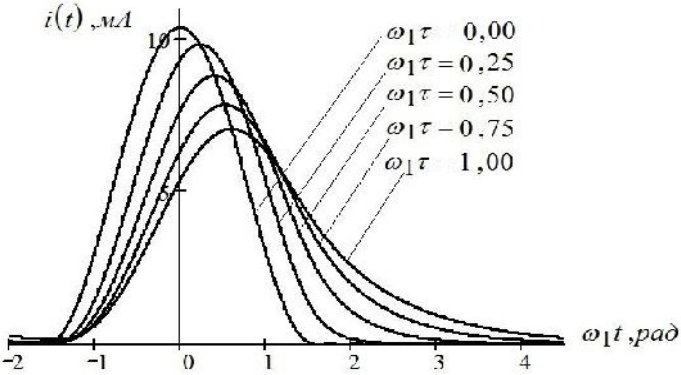


Рис.1. Временная диаграмма импульса тока через нелинейный элемент

Независимо от наличия или отсутствия наложения при периодизации, рассматривая линейное инерционное преобразование с характеристиками (11) в частотной области, периодический ток через нелинейный элемент, с учётом (10), можно представить в виде:

$$i(t) = \sum_{n=0}^{+\infty} I_n \cos(\omega_n t + \varphi_n), \tag{13}$$

где

$$I_n = |H(\omega_n)| \left| \sum_{i=1}^{N} a_i U_m^i f_{n,i}(\theta) \right|,$$

$$\varphi_n = \frac{\pi}{2}\left(1 - \operatorname{sign}\left(\sum_{i=1}^{N} a_i U_m^i f_{n,i}(\theta)\right)\right) + \varphi_H(\omega_n). \tag{14}$$

В качестве примера на рис.1 показана временная диаграмма одного импульса тока через нелинейный элемент при различных значениях $\omega_1\tau$. Рассматривается полевой транзистор 2П302Б, ВАХ которого с высокой степенью точности является кусочно-полиномиальной второго порядка с параметрами $a_1 = 0$, $a_2 \approx 2{,}6\,\frac{\text{мА}}{\text{В}^2}$, $U_{отс} \approx -3{,}4\,\text{В}$. Амплитуда гармонического воздействия задана $U_m = 2\,\text{В}$, угол отсечки $\theta = 90^\circ$.

Методика анализа нелинейных частотно-избирательных цепей может быть уточнена с использованием модели нелинейного элемента с кусочно-полиномиальной ВАХ.

Модель нелинейного элемента с кусочно-полиномиальной ВАХ инкапсулирует модель с кусочно-линейной ВАХ.

Ток через нелинейный элемент с кусочно-полиномиальной ВАХ при гармоническом воздействии представляет собой совокупность гар-

моник, с частотами кратными частоте воздействия. Коэффициенты ряда Фурье в тригонометрической форме для тока могут быть получены в соответствии с (10) в безынерционном случае или (14) в общем случае. Амплитуды гармоник тока получаются как взвешенная сумма степеней амплитуды воздействия.

Результаты, полученные в рамках предложенного подхода, могут оказаться полезными при разработке численно-аналитических моделей нелинейных радиотехнических цепей.

Библиографический список

1. Андреев В.С. Теория нелинейных электрических цепей: Учебное пособие для вузов. – М.: Радио и связь, 1982.

2. Матханов П.Н. Основы анализа электрических цепей. Нелинейные цепи. Учебное пособие для вузов. – М.: Высшая школа, 1977.

3. Теория нелинейных электрических цепей / Л.В. Данилов, П.Н. Матханов, Е.С. Филиппов. – Л.: Энергоатомиздат, 1990.

4. Радиотехнические цепи и сигналы: Учебник для вузов / О.А. Стеценко. — М.: Высшая школа, 2007.

5. Радиотехнические цепи и сигналы: Учебник для студентов радиотехн. спец. вузов / И.С. Гоноровский. — М.: Дрофа, 2006.

6. Радиотехнические цепи и сигналы: учеб. для вузов / С. И. Баскаков. — М.: Высшая школа, 2005.

7. Сигналы. Теоретическая радиотехника: Справ. пособие / А. Н. Денисенко. — М.: Горячая линия - Телеком, 2005.

8. Bowick, Chris. RF circuit design / Christopher Bowick. — 2nd ed. by Elsevier Inc, 2008.

9. Khalil, Hassan K. Nonlinear systems / Hassan K. Khalil. — 2nd ed. by Prentice-Hall, Inc,1996.

ANALYSIS OF NONLINEAR FREQUENCY SELECTIVE CIRCUITS BASED ON THE MODEL OF NONLINEAR ELEMENT WITH PIECE-WISE-POLYNOMIAL CURRENT-VOLTAGE CHARACTERISTIC

V.N. Isakov
Moscow Technological University (MIREA), Moscow, Russia
e-mail: vnisakov@rambler.ru

Abstract. The model of a nonlinear element with a piecewise-polynomial current-voltage characteristic is considered. It can be used to analyze non-linear frequency-selective circuits. The proposed approach is useful in numerical and analytical modeling of electrical circuits.

Keywords. Nonlinear radio engineering circuit, nonlinear frequency-selective circuit, nonlinear instantaneous element, nonlinear inertia element, spectral analysis, cutoff angle, current-voltage characteristic, pulse.

УДК 621.372.632

МОДЕЛИРОВАНИЕ СТАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК MOSFET КЛЮЧЕЙ В ELECTRONICS WORKBENCH

© В.П. Бабенко babenko@mirea.ru, **В.К. Битюков** bitukov@mirea.ru,
Е.Г. Кузеленкова kuzelenkova@mirea.ru, **С.В. Марьин** marin@mirea.ru
Московский технологический университет (МИРЭА), Москва, Россия

Аннотация. Предложен способ средствами программы схемотехнического моделирования Electronics Workbench экспериментально определять статические параметры и характеристики модели силового ключа на MOSFET транзисторе из ее библиотеки. Предложены схемы для моделирования статических характеристик и статических потерь MOSFET ключа. Они позволили получить ряд характеристик ключа: стоко-затворная (проходная); передаточная вольт-амперная характеристика; зависимость сопротивления канала открытого транзистора от напряжения на его затворе; выходная вольт-амперная характеристика при различных напряжениях между затвором и истоком, а также диаграммы зависимостей от напряжения на затворе некоторых параметров: напряжение на стоке; ток стока и рассеиваемой мощности. Особенность MOSFET ключей, проявляющаяся в существенно нелинейном характере зависимости сопротивления канала открытого транзистора от напряжения на его затворе, не позволяет с высокой достоверностью оценить потери в MOSFET ключах. При моделировании учтено, что основным источником тепловыделения в силовом ключе в статическом режиме является рассеиваемая мощность потерь на сопротивлении канала открытого транзистора при протекании по каналу тока стока. Установлено, что пиковая (максимальная) мгновенная мощность, достигающая 620 Вт, выделялась на транзисторе при его открывании. При этом напряжение на затворе составляло 5,0 В и превышало пороговое напряжение равное 3,8 В. А когда транзистор уже полностью открыт (напряжение на затворе превышало 12,0 В) и через него протекал значительный ток стока, то рассеиваемая мощность уменьшалась до 20 Вт. Моделирование показало симметричность процессов включения и выключения в статическом режиме. Измеренные параметры MOSFET транзистора IRF1010n фирмы International Rectifiers соответствуют его справочным данным, имеющимся в Datasheet.

Ключевые слова: MOSFET, силовой ключ, схемотехническое моде-

лирование, Electronics Workbench, сопротивление канала, крутизна характеристики, пороговое напряжение.

Обычно, при проектировании устройств силовой электроники, в частности источников вторичного электропитания, [1] используются прикладные пакеты, в основе которых лежит программа Pspice, которая является наиболее известной модификацией программы схемотехнического моделирования SPICE. К этим пакетам относятся Electronics Workbench (EWB), DesignLab, Micro-Cap, OrCAD, LTspice, обладающие несомненными достоинствами по качеству моделирования, универсальности и достоверности [2, 3]. Программа EWB давно и широко используется при оценочном моделировании и при подготовке специалистов радиоэлектронного профиля в высшей школе. EWB отличается удобным и интуитивно понятным интерфейсом, позволяет моделировать аналоговые, цифровые и смешанные цифро-аналоговые электронные схемы, проста в освоении и доступна по цене [4, 5].

В программе EWB имеется встроенная обширная библиотека аналоговых и цифровых электронных компонентов, большой набор методов анализа различных характеристик электронных схем. Накоплен значительный опыт и существует обширная литература по использованию EWB в разных областях промышленной электроники. Однако эти публикации практически не затрагивают схем силовой электроники на MOSFET транзисторах [6]. При этом даже в младших версиях EWB имеется достаточно большая библиотека мощных MOSFET транзисторов фирм International Rectifier и Zetex Semiconductors на токи до десятков ампер и напряжения до сотен вольт. К сожалению, в программе EWB закрыт доступ к количественным параметрам библиотечных моделей фирменных транзисторов, что ограничивает возможность проектирования устройств силовой электроники на их основе [7, 8]. Для редактирования доступна лишь модель идеального транзистора, содержащая десятки специфических параметров, которые не просто извлечь из документации Datasheet на соответствующий транзистор. Трудности использования Datasheet становятся понятными, если взглянуть на типовой набор параметров n–канального MOSFET транзистора из библиотеки EWB. Для примера на рис. 1 приведен лишь один лист параметров из трех, представленных в меню Properties. Понятно, что разработать модель на конкретный транзистор по данным Datasheet не простая задача, тем более что некоторые параметры не представлены в документации или имеют не идентичные названия.

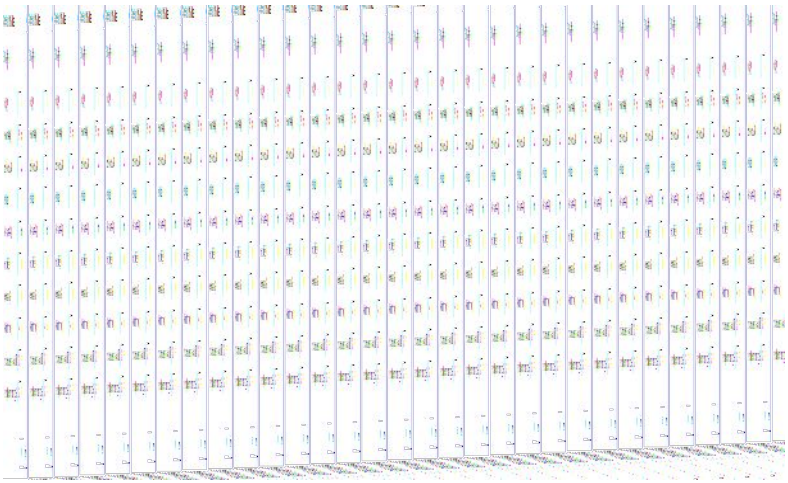


Рис. 1. Набор параметров модели n-канального MOSFET транзистора из библиотеки EWB

Поэтому был разработан метод, позволяющий уточнить базовые параметры MOSFET ключа из библиотеки EWB прямыми измерениями в среде EWB. Этот метод может быть использован и при моделировании устройств на IGBT транзисторах, которые имеются в старших версиях программы EWB, но не представлены в библиотеке EWB 5.12. Возможности метода показаны на примере n-канального MOSFET транзистора IRF1010n фирмы International Rectifiers. Краткая информация из Datasheet о параметрах транзистора IRF1010n, являющемся мощным n-канальным MOSFET транзистором с обратным диодом для работы в ключевом режиме, приведена в табл. 1.

Таблица 1. Параметры транзистора IRF1010n

Параметр	Величина	Условия измерения
Напряжение пробоя сток-исток, В	55	min значение
Напряжение на затворе, В	± 20	max значение
Пороговое напряжение, В	2 / 4	min/ max
Сопротивление канала в открытом состоянии, мОм	11	max
Ток стока, А	85	$U_{си}$=10 В
Крутизна характеристики, А/В	32	$U_{си}$=25 В, $I_с$=43 А
Общий заряд затвора, нКл	120	при $I_с$=43 А, $U_{зс}$=10 В, $U_{си}$=44 В
Заряд емкости затвор-сток (Миллера), нКл	41	
Заряд емкости затвор-исток, нКл	19	
Время задержки включения, нс	13	$E_п$=28 В, $R_з$=3,6 Ом, $I_с$=43 А, $U_{зи}$=10 В
Время задержки выключения, нс	39	
Время включения, нс	76	
Время выключения, нс	48	
Рассеиваемая мощность, Вт	180	с дополнительным охлаждением

В табл. 1 приняты следующие обозначения: $E_п$ – напряжение источника питания ключа, $R_з$ – сопротивление в цепи затвора (внутреннее сопротивление схемы управления ключом), $U_{си}$ – напряжение сток-исток, $I_с$ – ток стока, $U_{зс}$ - напряжение затвор-сток.

Ниже описана процедура измерения соответствующих параметров модели транзистора из библиотеки EWB.

Моделирование статических характеристик MOSFET ключа

Вольт-амперные характеристики (ВАХ) являются аналоговыми параметрами, но они необходимы и при анализе ключевых устройств, так как в момент переключения ключ кратковременно находится в промежуточном (аналоговом) состоянии.

Схема для моделирования статических характеристик MOSFET ключа приведена на рис. 2.

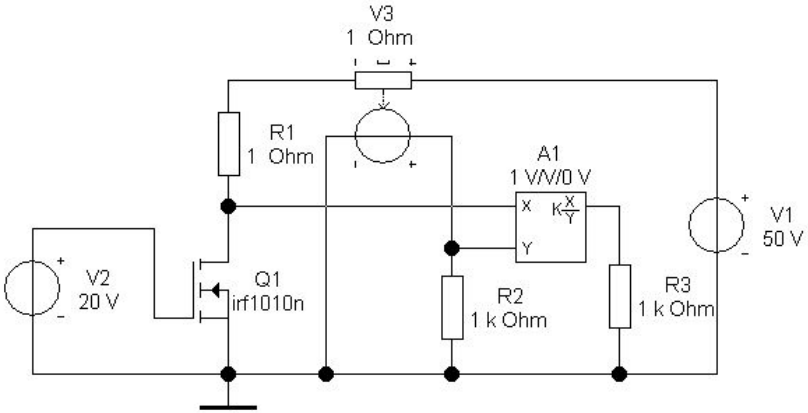


Рис. 2. Схема для моделирования статических характеристик MOSFET ключа

Исследуемый транзистор Q1 регулирует ток стока $I_с$, протекающий через резистор (нагрузку) R1, от источника питания V1. Источник напряжения V2, подключенный к затвору, управляет током стока $I_с$. Учитывая особенности EWB, что при моделировании в режиме Analysis в качестве выходного сигнала может быть только напряжение, для контроля тока стока $I_с$, протекающего через транзистор Q1, использован преобразователь ток-напряжение V3 из библиотеки Sources (Current Controlled Voltage Source). Датчик тока преобразователя включен последовательно в цепь измерения тока. Нагрузкой выходного источника напряжения преобразователя является резистор R2. Значение сопротивления резистора R2 не существенно, но он необходим, чтобы создать узел схемы, с которого снимается сигнал при моделировании. Значение

выходного напряжения $U_{вых_пр}$ этого преобразователя (напряжение на резисторе R2) связано с измеряемым током $I_{изм}$ выражением $U_{вых_пр}=R \cdot I_{изм}$, где R – коэффициент пропорциональности. Он имеет размерность сопротивления и задается в поле ввода Transresistance (переходное сопротивление). Размерность R может быть выражена в мОм, Ом или кОм. В схеме, показанной на рис. 2, величина коэффициента пропорциональности выбрана для удобства равной 1 Ом, то есть R=1 Ом. При этом напряжение на резисторе R2 численно равно току стока I_c.

Для работы в ключевом режиме важным параметром MOSFET является сопротивление канала $R_{си}$ открытого транзистора, определяемого как отношение напряжения на стоке открытого транзистора $U_{си}$ к току стока I_c по формуле $R_{си}=U_{си}/I_c$. Чтобы обеспечить прямое измерение сопротивления канала $R_{си}$ использован функциональный блок Divider A1 из библиотеки Controls, выполняющий операцию деления сигнала двух сигналов U_x и U_y, подаваемых на входы X и Y (рис. 2). Напряжение на выходе Divider на резисторе R3 определяется выражением $U_{R3}=k \cdot U_x/U_y$, где k – коэффициент, $U_x = U_{си}$ и $U_y = I_c$. Параметры Divider, указанные под позиционным обозначением 1V/V/0V на рис. 2 означают, что коэффициент k=1 (усиление по входам X и Y единичное) и подставка постоянного напряжения равна 0 V. При этом напряжение на резисторе U_{R3} будет численно равно сопротивлению канала транзистора $R_{си}=U_{си}/I_c$ в Ом.

Моделирование проводилось в режиме Analysis / DC Sweep. Выходным параметром выбиралось напряжение в контролируемых точках схемы:

– напряжение на резисторе R2 соответствует току стока I_c, протекающего через канал транзистора при моделировании стоко-затворной (проходной) характеристики при R1=0. Варьируемым параметром является напряжение $U_{зи}$;

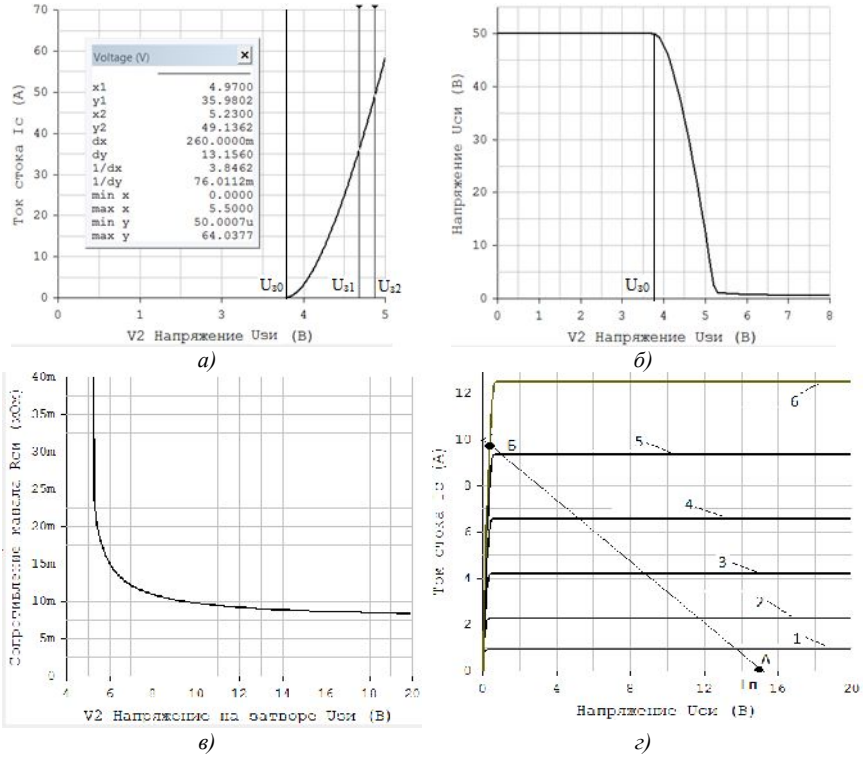
– напряжение на стоке транзистора при моделировании передаточной характеристики при R1=1 Ом. Варьируемым параметром является напряжение $U_{зи}$;

– напряжение на резисторе R3 при моделировании влияния на сопротивление канала открытого транзистора напряжения на затворе при R1=1 Ом. Варьируемым параметром является напряжение $U_{зи}$;

– напряжение на резисторе R2 при моделировании выходных вольтамперных характеристик при R1=1 Ом. Варьируемым параметром является напряжение $U_{си}$.

Результаты моделирования представлены на рис. 3.

На рис. 3, *а* и рис. 3, *б* реперои отмечено пороговое напряжение $U_{з0}$ включения транзистора (Gate Threshold Voltage из Datasheet). Это напряжение, при котором происходит открытие проводящего канала, и он начинает пропускать ток между стоком и истоком. Для исследуемого транзистора IRF1010n значение $U_{з0}$=+3,8 В.



а) *б)* *в)* *г)*

Рис. 3. Характеристики ключа: *а*) стоко-затворная (проходная); *б*) передаточная; *в*) зависимость сопротивления канала $R_{си}$ открытого транзистора от напряжения на его затворе; *г*) выходная ВАХ: 1 - $U_{зи}$=+3,9 В; 2 - $U_{зи}$=+4,0 В; 3 - $U_{зи}$=+4,1 В; 4 - $U_{зи}$=+4,2 В; 5 - $U_{зи}$=+4,3 В; 6 - $U_{зи}$=+4,4 В

Для измерения крутизны характеристики S (Forward Transconductance из Datasheet) на графике рис. 3, *а* реперами $U_{з1}$ и $U_{з2}$ выделен участок ВАХ при токе стока I_c около 48 А (условие измерения данных, приведенные в Data Sheet). При этом открывается цифровое окно, приведенное на рис. 3, *а* с отображением значений графика в координатах реперов по осям X и Y – x1, x2, y1, y2, а также величины приращений по этим осям dx=x2-x1 и dy=y2-y1. Благодаря цифровому окну было измерено с малой погрешностью значение крутизны характеристики $S= dy/dx =\Delta I_c/\Delta U_{зи}$=50,6 А/В.

На рис. 3, *в* представлен результат моделирования зависимости сопротивления канала открытого транзистора от напряжения на затворе $U_{зи}$. И хотя ток стока увеличивается при превышении напряжения на затворе выше порогового $U_{з0}$=+3,8 В, сопротивление канала при этом достаточно велико и уменьшается до приемлемого уровня 12 … 8 мОм, когда напря-

жение $U_{зи}$ превышает 7 … 8 В. Это накладывает особые требования на схему управления ключом.

Представляет интерес семейство выходных ВАХ, то есть зависимость тока стока $I_с$ от напряжения $U_{си}$ при разных напряжениях на затворе (рис. 3, *г*). Из-за высокой крутизны S характеристики транзистора исследование ограничилось узким диапазоном напряжения на затворе $U_{зи}$ *= (+3,9 … +4,3) В*. Нагрузочная характеристика представлена для резистора нагрузки $R_н$*=1 Ом* линией АВ. В точке А транзистор заперт, ток стока $I_с$*=0*, напряжение на стоке $U_{си}$ практически равно напряжению питания $E_п$*=+15 В*. В точке Б транзистор открыт, ток стока максимальный, практически равен $I_{с\ max}= E_п/R_н$, напряжение $U_{си}= I_{с\ max}\cdot R_н$. Обращает внимание неравномерность расположения горизонтальных участков характеристик при разных напряжениях на затворе, что связано с нелинейностью проходной вольт-амперной характеристики.

По характеристикам, полученным в результате моделирования, было измерены следующие параметры:

– значение порогового напряжения $U_{з0}$ открывания транзистора $U_{з0}$*=+3.8 В* (стоко-затворная (проходная) характеристика, показанная на рис. 3, *а*);

– для обеспечения тока стока, соответствующего максимально допустимому (по Data Sheet) $I_{с\ доп}$=50 А значение напряжения на затворе ключа должно быть не менее $U_{зи}$=+4.7 В (рис. 3, *а*);

– получено значение крутизны характеристики $S=\Delta I_с/\Delta U_{зи}$=50,6 А/В при токе стока $I_с$*=48 А* (рис. 3, *а*);

– значение сопротивления канала $R_{си}$ открытого транзистора (Static Drain-to-Source On-Resistance) составило $R_{си}$*=8 … 12 мОм*.

В табл. 2 представлены измеренные значения параметров MOSFET транзистора IRF1010n и его параметры из Datasheet.

Таблица 2. Адекватность измеренных и справочных параметров транзистора

Параметры	Измеренное значение	Данные Datasheet
Пороговое напряжение, В	+3,8	2 … 4
Сопротивление канала в открытом состоянии, мОм	8 … 12	11
Крутизна характеристики, А/В	50	32 (минимальное значение)

Измеренные параметры MOSFET транзистора IRF1010n фирмы International Rectifiers соответствуют данным из Datasheet.

Статические потери в MOSFET ключе

Минимизация потерь в силовом ключе является важным параметром проектирования соответствующего ключевого устройства. Особенность MOSFET, проявляющаяся в существенно нелинейном характере зависимости сопротивления канала открытого транзистора от напряжения на его за-

творе (рис. 3, *в*), не позволяет с высокой достоверностью оценить потери в MOSFET ключах [9].

Основным источником тепловыделения в силовом ключе в статическом режиме является рассеиваемая мощность $P_{стат}$ потерь на сопротивлении канала открытого транзистора при протекании по каналу тока стока I_c [10].

Моделирование в EWB позволяет непосредственно измерить рассеиваемую мощность потерь $P_{стат}=I_c \cdot U_{си}$. Для этого была собрана схема, показанная на рис. 4, подобная схеме, показанной на рис. 2. Как и ранее, преобразователь ток-напряжение V3 позволял измерять ток стока I_c преобразуя его в падение напряжения на резисторе R2, которое численно равно току стока.

Функциональный блок Multiplier A2 из библиотеки Controls позволяет выполнить операцию перемножения двух аналоговых сигналов – напряжения $U_{си}$ и тока I_c. Напряжение на резисторе R3 является результатом их перемножения. Как и в предыдущей схеме, значение сопротивления резистора R3 не существенно, но он необходим, чтобы создать узел схемы, с которого снимается сигнал моделирования. Величина выходного напряжения $U_{вых_пр}$ (напряжение на резисторе R3) этого преобразователя соответствует функции перемножения сигналов, поступающих на два входа X и У - U_x и U_y, то есть $U_{вых_пр}=k \cdot U_x \cdot U_y$. Параметры Multiplier 1V/V/0V, указанные под позиционным обозначением A2 означают, что коэффициент k=1 (усиление по входам X и Y единичное) и подставка постоянного напряжения равна 0 V. При этом напряжение на резисторе U_{R3} будет численно равно рассеиваемая мощности, измеренной в Вт, выделяемой на открытом транзисторе.

Моделирование проводилось в режиме Analysis/DC Sweep. Варьируемым параметром было напряжение $U_{зи}$ на затворе, которое задавалось источником напряжения V2, подключенным к затвору MOSFET. Результаты моделирования приведены на рис. 5.

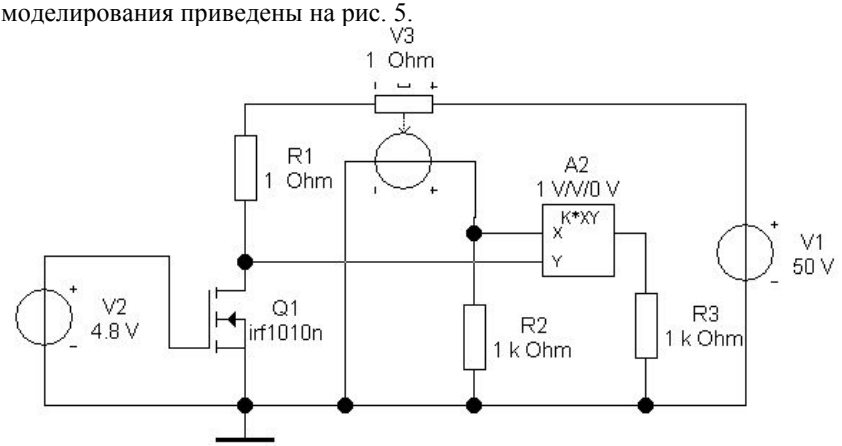
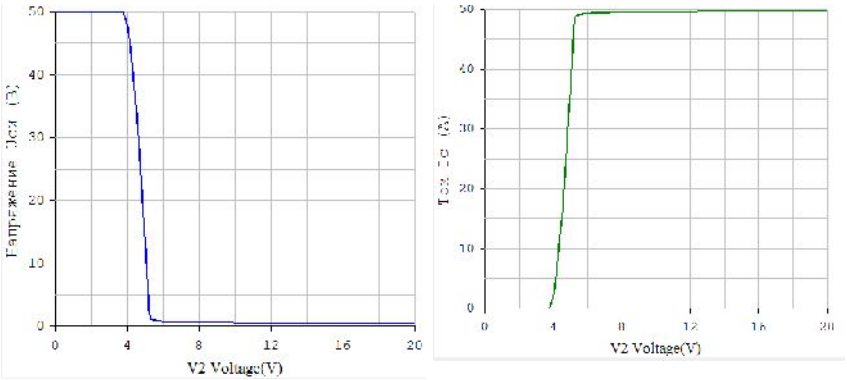
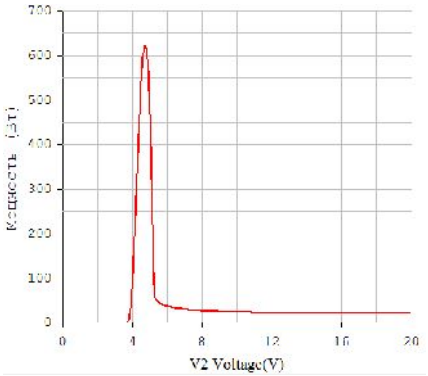


Рис. 4. Схема для исследования статических потерь в MOSFET ключах



а) *б)*



в)

Рис. 5. Диаграммы зависимостей от напряжения на затворе $U_{зи}$: *а*) напряжение на стоке $U_{си}$; *б*) ток стока $I_с$; *в*) рассеиваемая мощность $P_{стат}$

В качестве выходных сигналов при моделировании выбирались:

– напряжение сток-исток $U_{си}$ для диаграммы, показанной на рис. 5, *а*;

– напряжение на резисторе R2, пропорциональное току стока $I_с$ для диаграммы, показанной на рис. 5, *б*;

– мощность $P_{стат}$ (Вт), численно равная напряжению на резисторе R3 было для диаграммы, показанной на рис. 5, *в*.

Пиковая (максимальная) мгновенная мощность, достигающая 620 Вт, выделялась на транзисторе при его открывании (рис. 5, *в*). При этом напряжение на затворе составляло V2=+5,0 В и превышало пороговое $U_{з0}$ напряжение равное +3,8 В. А когда транзистор уже полностью был открыт (напряжение на затворе превышало V2=+12,0 В) и через него протекал

значительный ток стока, то рассеиваемая мощность $P_{стат}$ уменьшалась до 20 Вт.

Моделирование показало симметричность процессов включения и выключения в статическом режиме. Поэтому при выключении охраняются характеристики рассеиваемой мощности, показанные на рис. 5, *в*.

Выводы. Предложен способ экспериментально определять средствами EWB статические параметры и характеристики модели силового ключа на MOSFET транзисторе. Измеренные параметры MOSFET транзистора IRF1010n фирмы International Rectifiers соответствуют его справочным данным имеющимся в Datasheet.

Библиографический список

1. Битюков В.К., Симачков Д.С. Источники вторичного электропитания. Учебник. – М.: Инфра-Инженерия. 2017. – 326 с.
2. Лурье М.С., Лурье О.М. Имитационное моделирование схем преобразовательной техники. Красноярск: СибГТУ. 2007. – 138 с.
3. Болтовский Ю., Тоназлы Г. Некоторые вопросы моделирования систем силовой электроники // Силовая электроника. 2006. № 4. – С. 78-83.
4. Бабенко В.П., Битюков В.К. Методические особенности моделирования привода в системе EWB // Сборник научных трудов международной научно-технической конференции «Фундаментальные и прикладные проблемы физики». Саранск. 2015. - С. 301-307.
5. Бабенко В.П., Битюков В.К., Симачков Д.С. Схемотехническое моделирование устройства контроля положения привода в пространстве // Электромагнитные волны и электронные системы. 2016. Т.21. №4. – С. 11-19.
6. Ремнев А.М., Смердов В.Ю. Анализ силовых ключей импульсных источников питания // Схемотехника. 2001. №6. – С. 8-11.
7. Бабенко В.П., Битюков В.К. Методические особенности компьютерного моделирования ШИМ-контроллеров // Учебный эксперимент в образовании. 2015. №2(74). – С. 60-74.
8. Бабенко В.П., Битюков В.К., Симачков Д.С. Схемотехническое моделирование DC/DC преобразователей // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2016. Т.14. №11. - С. 69-82.
9. Конюшенко И. Основы устройства и применения силовых МОП - транзисторов (MOSFET) // Силовая электроника. 2011. №2. - С. 10 -14.
10. Бобрешов А.М., Дыбой А.В., Ватхик С., Куролап М.С. Схемы управления затворами силовых транзисторов // Вестник Воронежского государственного университета, серия: физика, математика. 2010. №2. –С. 189-198.

SIMULTATION OF STATIC CHARACTERISTICS OF MOSFET SWITCHES IN ELECTRONICS WORKBENCH

©V.P. Babenko babenko@mirea.ru, **V.K. Bityukov** bitukov@mirea.ru,
E.G. Kuzelenkova kuzelenkova@mirea.ru, **S.V. Marin** marin@mirea.ru

Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Moscow Technological University" (MIREA), 78 Vernadskogo Prospect, Moscow 119454

Abstract. A method is proposed, using the Electronics Workbench program for circuit simulation, to experimentally determine static parameters and characteristics of the power switch model on the MOSFET transistor from its library. Simulation schemes for static characteristics and static losses of the MOSFET switch are suggested.

They make it possible to obtain a number of characteristics of the switch: drain-and-shut (pass-through); transfer current-voltage characteristic; the dependence of the resistance of the open transistor channel on the voltage at its gate; output volt-ampere characteristic at various voltages between the gate and the source, as well as diagrams of dependences on voltage of certain parameters at the gate: drain current and dissipated power.

The specific feature of the MOSFET switches, manifested by a clearly nonlinear character of the dependence on voltage of the resistance of an open transistor channel at its gate, does not allow to estimate with high credibility the losses of the MOSFET switches. In the simulation, it is taken into account that the main source of heat release in the power switch in the static mode is the scattered loss power at the channel resistance of the open transistor when the current runs through the drain channel. It is established that the peak (maximum) instantaneous power, reaching 620 W, occurs on the transistor when it is being opened.

The gate voltage then is 5.0 V and exceeds the threshold voltage of 3.8 V. When the transistor is completely open (the gate voltage exceeds 12.0 V) and a significant drain current is running through it, then the scattered power gets reduced to 20 W. The simulation has shown the symmetry of switching on and off processes in the static mode. The measured MOSFET parameters of the IRF1010n of International Rectifiers comply with its reference data available in the Datasheet.

Key words: MOSFET, power switch, circuit simulation, Electronics Workbench, channel resistance, gain slope of characteristic, threshold voltage.

УДК 621.372.632

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК MOSFET КЛЮЧЕЙ В ELECTRONICS WORKBENCH

©В.П. Бабенко babenko@mirea.ru, **В.К. Битюков** bitukov@mirea.ru, **Е.Г. Кузеленкова** kuzelenkova@mirea.ru, **С.В. Марьин** marin@mirea.ru
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский технологический университет» (МИРЭА), г. Москва, 119454, пр. Вернадского 78

Аннотация. Представлены результаты моделирования динамических характеристик силовых ключей на MOSFET транзисторах. Рассмотрены вопросы, связанные с измерением параметров MOSFET транзисторов, ответственных за быстродействие силовых ключей из библиотеки программы схемотехнического моделирования Electronics Workbench. Предложена схема для исследования динамики MOSFET ключа. Проведено моделирование динамических характеристик транзистора IRF1010n для токов затвора 0,2 А и 0,5 А: ток стока; напряжение сток-исток; напряжение на затворе. Установлено, что с увеличением тока затвора сокращается время переходных процессов, повышается скорость заряда входной емкости; величина входной емкости и общего заряда затвора практически не зависят от величины тока затвора; входная емкость существенно изменяется в процессе переключения: относительно невелика при запертом транзисторе, резко увеличивается в момент его переключения из-за эффекта Миллера и уменьшается после завершения процесса включения транзистора; в момент нахождения процесса переключения на плато Миллера входная емкость приблизительно в 40 раз превышает входную емкость запертого транзистора; при увеличении тока затвора с 0,2 А до 0,5 А (в 2,5 раза) длительность плато Миллера сокращается со 180 нс до 57 нс, то есть практически также в 2,5 раза.

Ключевые слова: силовой ключ на MOSFET транзисторе, схемотехническое моделирование, сопротивление канала, входная емкость, эффект Миллера, скорость перезаряда емкостей.

Программа схемотехнического моделирования Electronics Workbench (EWB) давно и широко используется при оценочном моделировании и при подготовке специалистов радиоэлектронного профиля в высшей школе, отличается удобным и интуитивно понятным интерфейсом, позволяет моделировать аналоговые, цифровые и смешанные цифро-аналоговые электронные схемы. Накоплен значительный опыт и существует обширная литература по использованию EWB в разных областях промышленной электроники [1…3]. Однако эти работы практически не затрагивают области

схем силовой электроники на MOSFET транзисторах [4]. При этом даже в младших версиях EWB имеется достаточно большая библиотека мощных MOSFET транзисторов фирм International Rectifier и Zetex Semiconductors на токи в десятки ампер и напряжение до сотен вольт. К сожалению, в программе закрыт доступ к количественным параметрам библиотечных моделей фирменных транзисторов, что ограничивает возможность проектирования устройств силовой электроники на их основе.

По этой причине был разработан метод, позволяющий уточнить базовые параметры MOSFET ключа из библиотеки EWB прямыми измерениями в среде EWB. Этот метод может быть использован и при моделировании устройств на IGBT транзисторах, которые имеются в старших версиях программы EWB, но не представлены в библиотеке EWB 5.12. Возможности предложенного метода показаны на примере мощного n-канального MOSFET транзистора IRF1010n с обратным диодом для работы в ключевом режиме фирмы International Rectifiers. Краткая информация о его параметрах, заимствованная из Datasheet, приведена в табл. 1.

Таблица 1. Параметры транзистора IRF1010n

Параметр	Величина	Условия измерения
Напряжение пробоя сток-исток, В	55	min значение
Напряжение на затворе, В	± 20	max значение
Пороговое напряжение, В	2 / 4	min / max
Сопротивление канала в открытом состоянии, мОм	11	max
Ток стока, А	85	$U_{си}$=10 В
Крутизна характеристики, А/В	32	$U_{си}$=25 В, $I_с$=43 А
Общий заряд затвора, нКл	120	при $I_с$=43 А, $U_{зс}$=10 В, $U_{си}$=44 В
Заряд емкости затвор-сток (Миллера), нКл	41	
Заряд емкости затвор-исток, нКл	19	
Время задержки включения, нс	13	$E_п$=28 В, $R_з$=3.6 Ом, $I_с$=43 А, $U_{зи}$=10 В
Время задержки выключения, нс	39	
Время включения, нс	76	
Время выключения, нс	48	
Рассеиваемая мощность, Вт	180	с дополнительным охлаждением

В табл. 1 приняты следующие обозначения: $E_п$ – напряжение источника питания ключа, $R_з$ – сопротивление в цепи затвора (внутреннее сопротивление схемы управления ключом), $U_{си}$ – напряжение сток-исток, $I_с$ – ток стока, $U_{зс}$ - напряжение затвор-сток.

Ниже изложена процедура измерения соответствующих параметров модели транзистора из библиотеки EWB.

Моделирование характеристик, ответственных за быстродействие ключа

Быстродействие MOSFET транзисторов в первую очередь определяется скоростью перезаряда паразитных междуэлектродных емкостей: затвор−исток $C_{зи}$, затвор−сток $C_{зс}$, сток-исток $C_{си}$ (рис. 1) [4]. Две из них, $C_{зи}$ и $C_{зс}$ связаны с геометрией электродов транзистора и поэтому их величина слабо зависит от условий работы. Конденсатор $C_{си}$ образован емкостью перехода паразитного биполярного транзистора и зависит от режима работы.

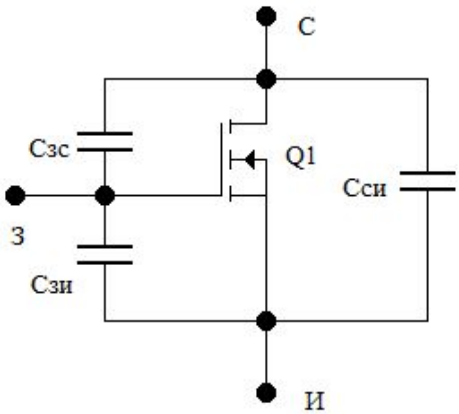


Рис. 1. Паразитные емкости MOSFET транзистора

В документации (datasheet) на транзисторы обычно не приводятся величины паразитных междуэлектродных емкостей, а приводятся значения эквивалентных малосигнальных емкостей, содержащие паразитные емкости:

- входная $C_{вх}= C_{зс}+C_{зи}$;
- обратной связи $C_{ос}=C_{зс}$;
- выходная $C_{вых}= C_{зс} + C_{си}$.

Формат эквивалентных емкостей удобен для физических измерений, которые обычно проводятся при выключенном транзисторе. Значения этих емкостей обусловлены, в основном, конструкцией транзистора и поэтому слабо зависят от температуры и приложенного напряжения. При переключении транзистора особую роль играет емкость обратной связи $C_{ос}$. Через нее на затвор действует изменение высокого напряжения на стоке, что эквивалентно увеличению входной емкости. Эффект влияния емкости обратной связи в ключевых схемах подобен эффекту Миллера. Суть эффекта состоит в том, что к емкости $C_{зс}$, соизмеримой в статическом режиме с емкостью $C_{зи}$, прикладывается напряжение значительно большее, чем входное управляющее напряжение и поэтому при переключении транзистора величина заряда емкости $C_{зс}$, или емкости Миллера, значительно больше заряда

емкости $C_{зи}$. Поэтому в быстродействующих приборах полная динамическая входная емкость больше, чем сумма статических емкостей электродов, и может быть рассчитана по формуле [4]

$$C_{вх}= C_{зи}+C_{зс}\cdot(1+S\cdot R_{н}),$$

где S - крутизна стоко-затворной характеристики (Forward Transconductance из Datasheet), а $R_{н}$ – сопротивление нагрузки в цепи стока.

Описание явлений, вызванных эффектом Миллера, не дает точной и однозначной картины процесса из-за существенной нелинейности емкости обратной связи. Более удобным параметром для анализа явлений, вызванных эффектом Миллера, является другой параметр – общий заряд затвора $Q_{з}$. Общий заряд затвора $Q_{з}$ - это заряд, который требуется для включения транзистора. Он измеряется в нанокулонах (нКл). В определенной степени общий заряд затвора $Q_{з}$ зависит от режима работы ключа.

Зная общий заряд затвора $Q_{з}$, несложно рассчитать необходимый ток драйвера $I_{д}$, обеспечивающий переключение транзистора за время t, равное времени его включения $t_{вкл}$, по формуле [4]

$$I_{д} =Q_{з} /t_{вкл}.$$

Например, исследованный в данной работе транзистор IRF1010n с общим зарядом затвора $Q_{з}$=120 нКл можно включить за 120 мкс током в 1 мА, а за 120 нс - током в 1 А. Указанный параметр (общий заряд затвора $Q_{з}$) приводится в справочниках и Datasheet и определяется изготовителем экспериментальным путем с обязательной информацией о режимах транзистора, при которых производились измерения (табл. 1).

В схеме для измерения общего заряда затвора (рис. 2) транзистор Q1 замыкает и размыкает ток источника питания V1, протекающий через нагрузку R1. Входная емкость ключа $C_{вх}$ заряжается от источника стабильного тока I1 (DC Current Source), ключом S1 управляемым напряжением (Voltage-Controlled Switch).

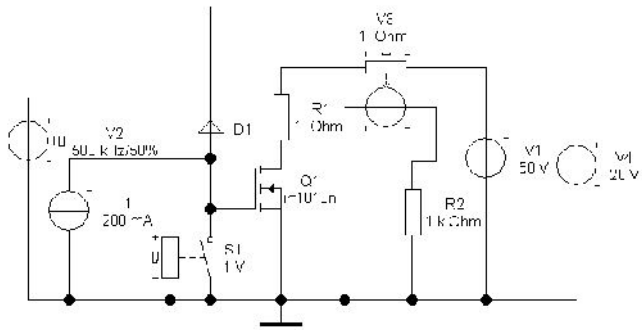


Рис.2. Схема для исследования динамики MOSFET ключа

Ключ S1 включен параллельно входу MOSFET ключа между затво-

ром и истоком транзистора Q1. При разомкнутом ключе S1 ток источника тока I1 заряжает входную емкость $C_{вх}$ транзистора Q1. Когда ключ S1 замкнут, входная емкость $C_{вх}$ разряжается через сопротивление замкнутого ключа на «землю». Ключ S1 управляется импульсами генератора V2 (Clock). Диод D1, подпираемый напряжением дополнительного источника постоянного напряжения V4 с напряжением U4=+20 В, предназначен для ограничения напряжения на затворе не выше допустимого (Gate-to-Source Voltage по Data Sheet). Когда напряжение на затворе при заряде входной емкости превышает опорное напряжение U_0, образованное напряжением источника V4 и падение напряжения на открытом диоде $\underline{U_d}$=+0,7 В, т.е. U_0=U4+$\underline{U_d}$=20,7 В диод D1 отпирается и фиксирует напряжение на затворе на уровне опорного напряжения U_0. Для контроля тока стока I_c через транзистор Q1 использован преобразователь ток-напряжение V3 из библиотеки Sources (Current Controlled Voltage Source). Датчик тока преобразователя включен последовательно в цепь измерения тока. Нагрузкой выходного источника напряжения преобразователя является резистор R2. Величина резистора R2 не существенна, но он необходим, чтобы создать узел схемы, с которого снимается сигнал при моделировании. Величина выходного напряжения этого преобразователя $U_{вых_пр}$ (напряжение на резисторе R2) связана с измеряемым током $I_{изм}$ выражением $U_{вых_пр}=R \cdot I_{изм}$, где R – коэффициент пропорциональности. Коэффициент R имеет размерность сопротивления, и задается в поле ввода "Transresistance" (переходное сопротивление). Размерность может быть выражена в мОм, Ом или кОм. В схеме, показанной на рис. 2, величина коэффициента выбрана для удобства R=1 Ом. При этом напряжение на резисторе R2 численно равно току стока I_c.

Моделирование проводилось в режиме Analysis/Transient. Были исследованы временные зависимости напряжений на затворе $U_{зи}$ и стоке $U_{си}$, а также тока стока I_c, который численно равен напряжению на R2. Для временной привязки на диаграмму приведен импульс напряжения $t_и$ генератора V2. Результаты моделирования представлены на рис. 3 и рис. 4 с учетом рекомендаций [5].

При моделировании переходных процессов определенные проблемы возникли с выбором типа ключа. Дело в том, что в EWB для этих целей есть несколько времязадающих компонентов. Однако, не все они пригодны для моделирования. Например, элемент Time-Delay Switch, который специально предназначен для подобных исследований и, согласно опциям, может формировать временные интервалы в пикосекундном диапазоне, имеет, однако значительные практически неконтролируемые задержки переключения [1, 6]. Ключ Voltage-Controlled Switch, как показали исследования, обладает идеальными временными характеристиками и в добавок позволяет в опциях (Properties) задать в широком диапазоне сопротивление ключа во включенном и выключенном состоянии. В проведенных экспе-

риментах значение сопротивления ключа во включенном состоянии R_{ON} было выбрано равным 10 Ом, что соответствует характерному выходному сопротивлению интегральных драйверов.

Временной интервал цикла работы силового ключа Q1, разбит на характерные временные фрагменты:

- t0-t2, связаны с включением ключа;
- t2-t4 связаны с состоянием открытого ключа;
- t4-t6 связаны с выключением ключа.

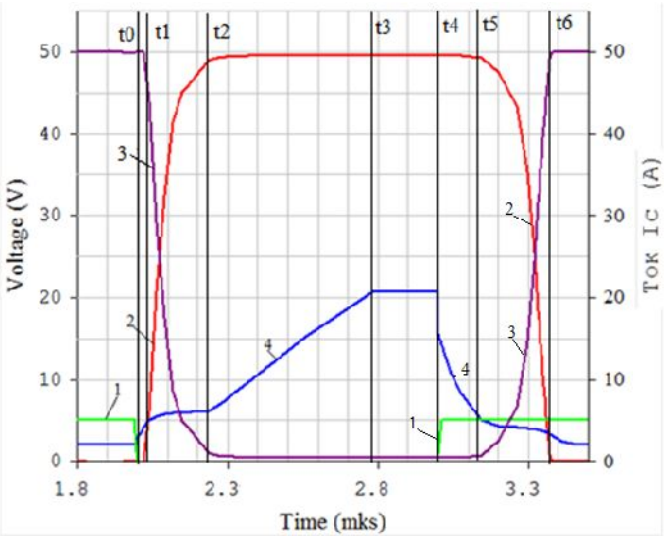


Рис. 3. Результаты моделирования динамических характеристик транзистора IRF1010n для тока I1=0,2 А и сопротивления ключа S1 в замкнутом состоянии R_{ON}=10 Ом: 1 - выходное напряжение генератора импульсов V2 ($t_и$); 2 - ток стока ($I_с$); 3 - напряжение сток-исток ($U_{си}$); 4 - напряжение на затворе ($U_{зи}$)

До момента t0 затвор транзистора замкнут на «землю» ключом S1, напряжение на затворе равно нулю, ток стока $I_с$=0, напряжение на стоке, транзистор заперт.

В момент времени t0 ключ S1 размыкается. На временной зависимости $t_и$ виден перепад напряжения с высокого на низкий уровень, начинается зарядка входной емкости транзистора $C_{вх} = C_{зс} + C_{зи}$ стабильным током генератора I1.

На временном фрагменте t0-t1 (рис. 3) напряжение на затворе $U_{зи}$ растет по линейному закону до порогового напряжения $U_{з0}$, соответствующего появлению тока стока $I_с$. При этом напряжение на стоке остается высоким $U_{си}$=+$E_п$. Транзистор остается запертым.

На временном интервале t1-t2 транзистор начинает отпираться, ток стока $I_с$ увеличивается, падает напряжение на стоке, транзистор находится в активном усилительном режиме. На этом этапе рост напряжения на затворе $U_{зи}$ замедляется, появляется горизонтальный участок на графике $U_{зи}$ – плато Миллера, что связано со значительным увеличением входной емкости транзистора $C_{вх}$ за счет действия отрицательной обратной связи (эффект Миллера). Через транзистор протекает значительный ток $I_с$, но сопротивление канала еще достаточно высокое, напряжение на стоке превышает значения $U_{си}$ открытого транзистора.

На временном интервале t2-t3 емкость Миллера полностью перезаряжена, транзистор полностью открыт, напряжение на стоке $U_{си}$ минимальное, ток стока $I_с$ максимальный и равен $I_с=E_п/(R_н+R_{си})$, а сопротивление канала $R_{си}$ минимальное. Напряжение на затворе растет по линейному закону практически с такой же скоростью, как и на участке t0-t1. Это означает, что входная емкость транзистора $C_{вх}$ после резкого увеличения за счет эффекта Миллера вернулась приблизительно к исходному значению.

На временном интервале t3-t4 напряжение на затворе достигает порога открывания диода D1 U_0 = U4 + U_d = 20,7 В, диод D1 отпирается и фиксирует напряжение на затворе на уровне опорного напряжения U_0. На графике $U_{зи}$ появляется горизонтальный участок, обусловленный фиксирующим действием диода.

В момент времени t4 начинается процесс выключения силового ключа Q1, что соответствует перепаду сигнала $t_и$ от низкого уровня до высокого, ключ S1 замыкает цепь затвора на «землю», но транзистор еще открыт. В отличие от процесса включения, когда входная емкость $C_{вх}$ заряжалась стабильным током генератора тока I1, в процессе выключения входная емкость разряжается нестабильным током через сопротивление R_{ON} замкнутого ключа S1.

На временном интервале t4-t5 входная емкость $C_{вх}$ разряжается по экспоненциальному закону через сопротивление R_{ON}=10 Ом замкнутого ключа S1 до напряжения, соответствующего уровню плато Миллера. Ток стока $I_с$ остается максимальный, напряжение $U_{си}$ минимальное, транзистор продолжает оставаться открытым.

Надо отметить, что при включении и выключении MOSFET транзистора уровни напряжения $U_{зи}$, соответствующие плато Миллера отличаются по величине. Физического объяснения этому явлению пока нет.

В момент t5 напряжение на затворе достигает уровня плато Миллера, стока $I_с$ начинает уменьшаться ток, напряжение на стоке $U_{си}$ растет, транзистор переходит в активный режим.

На интервале времени t5-t6 включается отрицательная обратная связь, резко растет входная емкость из-за эффекта Миллера, замедляется скорость изменения напряжение на затворе, на графике $U_{зи}$ появляется пологий участок – плато Миллера. Ток стока значительный, сопротивление канала вы-

сокое, а напряжение на затворе достигает порогового значения $U_{зи}=U_{з0}$.

В момент t6 напряжение на затворе $U_{зи}$ достигает порогового значения, ток стока падает до нуля $I_c=0$, напряжение увеличивается до $U_{си}=+E_п$, транзистор заперт. Продолжается разряд входной емкости, который завершится через некоторое время после момента t6. Процесс переключения завершен.

При увеличении тока генератора, соответственно увеличивается ток зарядки входной емкости $C_{вх}$. Но увеличение тока затвора потребовало уменьшения сопротивления ключа S1 в замкнутом состоянии до величины $R_{ON}=1$ Ом, так как напряжение на затворе при $R_{ON}=10$ Ом и токе I1=0,5 А достигает порогового значения $U_{зи}=R_{ON}\cdot I1=5$ В и транзистор не может закрыться. Те же зависимости (рис. 3) в новых условиях показаны на рис. 4.

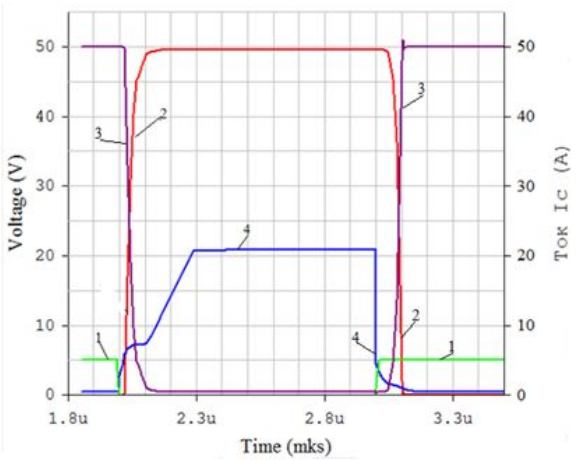


Рис. 4. Результаты моделирования динамических характеристик транзистора IRF1010n для тока затвора I1=0,5 А и сопротивления ключа S1 $R_{ON}=1$ Ом: 1 - выходное напряжение генератора импульсов V2 ($t_и$); 2 - ток стока (I_c); 3 - напряжение сток-исток ($U_{си}$); 4 - напряжение на затворе ($U_{зи}$)

Увеличение тока затвора I1 от 0,2 А до 0,5 А практически пропорционально уменьшает длительность плато Миллера и уменьшает время включения транзистора с $t_{вкл}$ от 200 нс до 80 нс. Такой же эффект на процесс выключения ключа оказывает уменьшение сопротивления ключа S1 R_{ON}. При уменьшении R_{ON} от 10 Ом до 1 Ом время выключения $t_{выкл}$ уменьшается от 300 нс до 30 нс.

Обработка результатов моделирования

При обработке результатов моделирования удобным для анализа является процесс включения транзистора, которому соответствует интервал времени t1-t3, когда происходит заряд входной емкости затвора стабильным то-

ком, а напряжение на входной емкости $U_{зи}$ изменяется по линейному закону. Процесс выключения транзистора, которому соответствует временной интервал t4-t6, происходит при разряде входной емкости нестабильным током через сопротивление R_{ON}, что приводит к нелинейному изменению напряжения на затворе и соответственно более сложной обработке результатов. Поэтому процесс выключения используется лишь для качественных оценок.

Величину входной емкости затвора $C_{вх}$ и общий заряд затвора $Q_з$ на разных временных участках диаграммы t0-t4 можно оценить по следующим формулам [7, 8]:

$$C_{вх}=I_з \cdot \frac{\Delta t}{\Delta U},$$

$$Q_з=I_з \cdot \Delta t,$$

где $I_з$– ток затвора (в рассматриваем случае $I_з$=I1). Значение приращения напряжения на затворе ΔU за время Δt определяется на соответствующих участках графика $U_{зи}$. Результаты оценок параметров транзистора IRF1010n $C_{вх}$ и $Q_з$ по результатам измерений приведены в табл. 2.

Таблица 2. Оценки входной емкости $C_{вх}$ и общего заряда затвора $Q_з$

Временной интервал _____ Параметр	t0-t1	t1-t2	t2-t3	Вариант исследования
t, мкс	38	180	535	I1=0,2 А, R_{ON}=10 Ом
	29	57	183	I1=0,5 А, R_{ON}=1 Ом
$C_{вх}$, нФ	3,18	115,5	7,09	I1=0,2 А, R_{ON}=10 Ом
	3,12	121,0	6,95	I1=0,5 А, R_{ON}=1 Ом
$Q_з$, нКл	15,2	30,3	108,0	I1=0,2 А, R_{ON}=10 Ом
	15,7	28,5	99,0	I1=0,5 А, R_{ON}=1 Ом

Из информации, приведенной табл. 2, следует:

– с увеличением тока затвора сокращается время переходных процессов, повышается скорость заряда входной емкости;

– величина входной емкости и общего заряда затвора практически не зависят от величины тока затвора I1;

– входная емкость существенно изменяется в процессе переключения: относительно невелика при запертом транзисторе (t0-t1), резко увеличивается в момент его переключения (t1-t2) из-за эффекта Миллера и уменьшается после завершения процесса включения транзистора;

– в момент нахождения процесса переключения на плато Миллера (участок t1-t2) входная емкость приблизительно в 40 раз превышает входную емкость запертого транзистора;

– при увеличении тока затвора с 0,2 А до 0,5 А (в 2,5 раза) дли-

тельность плато Миллера сокращается со 180 нс до 57 нс, то есть практически тоже в 2,5 раза.

В табл. 3 сопоставлены результаты измеренных данных в процессе моделирования с данными из Datasheet MOSFET транзистора IRF1010n из библиотеки EWB.

Таблица 3. Измеренные и справочные параметры транзистора IRF1010n

Параметры	Измеренное значение	Данные Datasheet
Пороговое напряжение, В	3,8	2…4
Сопротивление канала в открытом состоянии, мОм	12...8	11
Крутизна характеристики, А/В	48	32
Заряд емкости затвор-исток, нКл	15	19
Заряд емкости затвор-сток (Миллера), нКл	45	41
Общий заряд затвора, нКл	130	120
Время задержки включения, нс	26	13
Время задержки выключения, нс	138	39
Время включения, нс	81	76
Время выключения, нс	65	48

Некоторое расхождение в значениях в параметрах транзистора измеренных и справочных, особенно временных характеристиках включения и выключения, объясняется отличием режимов измерений при моделировании и аттестации MOSFET фирмой изготовителем. Кроме того, выпускаемые полупроводниковые приборы MOSFET обладают широким допуском на параметры, а в Datasheet приводятся обычно наихудшие значения.

Библиографический список

1. Бабенко В.П., Битюков В.К., Симачков Д.С. Схемотехническое моделирование DC/DC- преобразователей // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2016. Т. 14. № 11. С. 69-82.

• Бабенко В.П., Битюков В.К., Симачков Д.С. Схемотехническое моделирование устройства контроля положения привода в пространстве // Электромагнитные волны и электронные системы. 2016. Т. 21. № 4. С. 11-19.

2. Битюков В.К., Симачков Д.С. Источники вторичного электропитания. Учебник. – М.: Инфра-Инженерия. 2017. – 326 с.

3. Семенов Б.Ю. Силовая электроника. Профессиональные решения. - М.: Солон-Пресс. 2011. - 416 с.

4. Битюков В.К., Власюк Ю.А., Петров В.А., Федоров Е.И. Лабораторный практикум по дисциплине «Физические основы преобразовательной техники»: Учебное пособие. - М.: МИРЭА. 2003. - 155 с.

5. Бабенко В.П., Битюков В.К. Методические особенности компьютерного моделирования ШИМ-контроллеров // Учебный эксперимент в образовании. 2015. №2(74). С. 60-74.

6. Конюшенко И. Основы устройства и применения силовых МОП - транзисторов (MOSFET) // Силовая электроника. 2011. № 2. С. 10-14.

7. Бобрешов А.М., Дыбой А.В., Ватхик С., Куролап М.С. Схемы управления затворами силовых транзисторов // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: физика, математика. 2010. № 2.С. 189-198.

SIMULATION OF DYNAMIC CHARACTERISTICS OF MOSFET SWITCHES USING ELECTRONICS WORKBENCH

©V.P. Babenko babenko@mirea.ru, **V.K. Bityukov** bitukov@mirea.ru,
E.G. Kuzelenkova kuzelenkova@mirea.ru, **S.V. Marin** marin@mirea.ru

Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Moscow Technological University" (MIREA), 78 Vernadskogo Prospect, Moscow 119454

Abstract. The results of simulating of dynamic characteristics of power switches using MOSFET transistors are presented. Issues are considered related to measuring of parameters of MOSFET transistors, which ensure faster operation of power switches from the library of Electronics Workbench circuit simulation program. A scheme to investigate the dynamics of a MOSFET switch is proposed. Dynamic characteristics of the IRF1010n transistor for gate currents of 0.2 A and 0.5 A are simulated – drain current; source-drain voltage; gage voltage. It has been found that the more the gate current, the shorter is the time period of transition processes, the rate of charging the gate current increases in the input capacitance; the magnitude of the input capacitance and the magnitude of the total gate charge do not practically depend on the gate current magnitude; the input capacitance greatly changes during switching: it is relatively small when the transistor is locked, it sharply increases at the moment of switching due to the Miller effect, and decreases with the completion of switching the transistor on; at the moment when the switching process is passing the Miller plateau, the input capacitance is approximately 40 times greater than the input capacitance of the locked transistor; with the increase of the gate current from 0.2 A to 0.5 A (2.5 times), the Miller plateau duration decreases from 180 ns to 57 ns, that is almost 2.5 times, too.

Key words: power switch on MOSFET transistor, circuit simulation, channel resistance, input capacitance, Miller effect, rate of charging the capacitances.

УДК 621.396.99

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ФИЛЬТРАЦИИ НЕЛИНЕЙНОГО АЛГОРИТМА В ОДНОПОЗИЦИОННОЙ УГЛОМЕРНО – ДАЛЬНОМЕРНОЙ РАДИОСИСТЕМЕ

© Я.О. Арешин[1], Б.А. Заикин[2], А.Ф. Котов[2]
[1]ОАО «НПК «НИИДАР», Москва, Россия
[2]Московский технологический университет (МИРЭА), Москва, Россия
e-mail: halfmazerkin@gmail.com

Аннотация. В работе приводятся основные соотношения одного из вариантов нелинейного алгоритма фильтрации в однопозиционной угломерно – дальномерной радиосистеме координатометрии. Указаны критерии качества и проведено моделирование. Результатом моделирования являются графики среднеквадратическое отклонение ошибки фильтрации и оценки в зависимости от различных параметров.

Ключевые слова. Фильтрация вектора состояния, ошибка фильтрации, однопозиционная угломерно – дальномерная радиосистема.

В [1] был представлен алгоритм нелинейной фильтрации в однопозиционной угломерно – дальномерной радиосистеме. При этом вопрос об оценке качества фильтрации данного алгоритма остался открытым. В данной работе рассматривается моделирование алгоритма нелинейной фильтрации, который позволяет получить оценку качества фильтрации. В первой части работы рассматривается объекта наблюдения и радиосистема. Во второй части приведены основные выражения для реализации алгоритма. В третьей части представлены результаты моделирование.

1. Объект наблюдения и радиосистема

Пусть вектор состояния объекта наблюдения (ОН) на ν-ом интервале представлен марковской последовательностью:

$$\vec{\Lambda}^{(\nu)} = \Phi^{(\nu)}\vec{\Lambda}^{(\nu-1)} + B\vec{N}^{(\nu)}, \qquad (1)$$

где $\vec{\Lambda}^{(\nu)}$ – вектор состояния на ν - ом интервале; $\Phi^{(\nu)}$ – матрица перехода; $\vec{\Lambda}^{(\nu-1)}$ – вектор состояния на предыдущем шаге; B – матрица формирующих воздействий; $\vec{N}^{(\nu)}$ – векторная реализация гауссовской случайной последовательности с нулевым математическим ожиданием и единичной дисперсией. Элементами вектора состояния в данном случае являются координаты объекта $\vec{\Lambda}^{(\nu)} = \left[x^{(\nu)} \quad y^{(\nu)} \quad z^{(\nu)}\right]^T$. Полагаем, что объект наблюдения является медленно передвигающимся, что характерно для не-

которых видов дронов и наземных средств передвижения. Таким образом:

$$\Phi^{(v)} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \tag{2}$$

$$B = \begin{bmatrix} b_x & 0 & 0 \\ 0 & b_y & 0 \\ 0 & 0 & b_z \end{bmatrix}, \tag{3}$$

где b_x, b_y, b_z – среднеквадратическое отклонение (СКО) траектории объекта по осям X, Y и Z, соответственно. Выражение (1) может быть записано в скалярном виде:

$$\begin{cases} x^{(v)} = x^{(v-1)} + 3b_x n_{b_x}^{(v)}, \\ y^{(v)} = y^{(v-1)} + 3b_y n_{b_y}^{(v)}, \\ z^{(v)} = z^{(v-1)} + 3b_z n_{b_z}^{(v)}, \end{cases} \tag{4}$$

где $n_{b_x}^{(v)}$, $n_{b_y}^{(v)}$, $n_{b_z}^{(v)}$ – реализации гауссовских случайных последовательностей с нулевыми математическими ожиданиями и единичными дисперсиями. Коэффициент 3 обозначает, что координаты, как случайные величины, попадают в интервал, равный 3 СКО.

Геометрическое построение однопозиционной угломерно - дальномерной радиосистемы координатометрии представлено на рис. 1. В точке $\begin{bmatrix} x_0 & y_0 & 0 \end{bmatrix}$ расположена непосредственно радиосистема, которая в импульсном режиме измеряет временную задержку $\tau^{(v)}$, азимут $\beta^{(v)}$, и угол места $\varepsilon^{(v)}$. Эти параметры образуют вектор информационных (измеряемых) параметров $\vec{Q}^{(v)} = \begin{bmatrix} \beta^{(v)} & \varepsilon^{(v)} & R^{(v)} \end{bmatrix}^T$, который связан с вектором состояния $\vec{\Lambda}^{(v)}$ в общем случае некоторой функциональной зависимостью:

$$\vec{Q}^{(v)} = f(\vec{\Lambda}^{(v)}). \tag{5}$$

Объект наблюдения (ОН) распложен в точке $\begin{bmatrix} x & y & z \end{bmatrix}$. Проекция объекта наблюдения на плоскость (ОН') расположена в точке $\begin{bmatrix} x & y & 0 \end{bmatrix}$. Предположим, что $x_0 = 0$ и $y_0 = 0$, тогда, для временной задержки и пеленгов, полученных на ν - ом интервале в пункте обработки, можно записать следующие выражения:

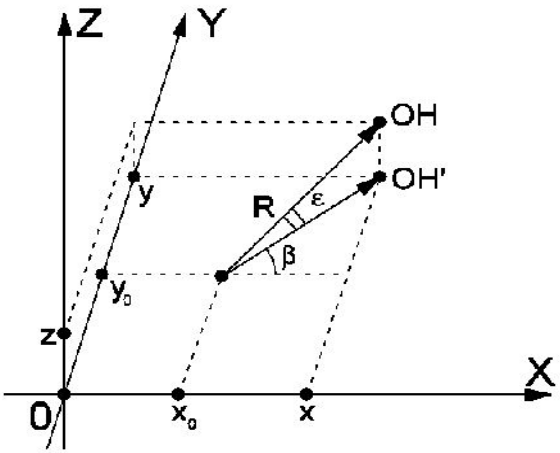


Рис.1. Геометрическое построение однопозиционной угломерно – дальномерной радиосистемы.

$$\begin{cases} \beta^{(v)} = arctg\left(\dfrac{y^{(v)}}{x^{(v)}}\right), \\ \varepsilon^{(v)} = arctg\left(\dfrac{z^{(v)}}{\sqrt{x^{(v)2} + y^{(v)2}}}\right), \\ \tau^{(v)} = \dfrac{2}{c}\sqrt{z^{(v)2} + x^{(v)2} + y^{(v)2}}, \end{cases} \qquad (6)$$

где c - скорость распространения радиоволны.
Обратные формулы имеют вид:

$$\begin{cases} x^{(v)} = \dfrac{\tau^{(v)}c}{2}\cos\left(\varepsilon^{(v)}\right)\cos\left(\beta^{(v)}\right), \\ y^{(v)} = \dfrac{\tau^{(v)}c}{2}\cos\left(\varepsilon^{(v)}\right)\sin\left(\beta^{(v)}\right), \\ z^{(v)} = \dfrac{\tau^{(v)}c}{2}\sin\left(\varepsilon^{(v)}\right). \end{cases} \qquad (7)$$

При приеме каждого импульса происходит процедура оценки вре-

менной задержки и пеленгов, которая может быть записана, как:

$$\begin{cases} \hat{\beta}^{(v)} = \beta^{(v)} + 3\sigma_\beta n_\beta^{(v)}, \\ \hat{\varepsilon}^{(v)} = \varepsilon^{(v)} + 3\sigma_\varepsilon n_\varepsilon^{(v)}, \\ \hat{\tau}^{(v)} = \tau^{(v)} + 3\sigma_\tau n_\tau^{(v)}, \end{cases} \quad (8)$$

где σ_β, σ_ε, σ_τ – СКО измерений пеленгов и временной задержки, соответственно; $n_\beta^{(v)}$, $n_\varepsilon^{(v)}$, $n_\tau^{(v)}$ – реализации гауссовских случайных последовательностей с нулевыми математическими ожиданиями и единичными дисперсиями. Коэффициент 3 обозначает, что пеленги и задержка, как случайные величины, попадают в интервал равный 3 СКО. Параметры $\hat{\beta}^{(v)}$, $\hat{\varepsilon}^{(v)}$ и $\hat{\tau}^{(v)}$ полагаются не коррелированными, поскольку их значения получают от различных измерителей.

2. Алгоритм нелинейной фильтрации вектора состояния

Синтез данного алгоритма в рассматриваемой системе подробно представлен в статье, упоминаемой выше. Приведем основные соотношения в общем виде:

$$\begin{cases} \hat{\hat{\Lambda}}_{ps}^{(v)} = \hat{\hat{\Lambda}}_{э}^{(v)} + K_{ps}^{(v)} \vec{G}_\lambda^{(v)}, \\ K_{ps}^{(v)} = \left[\left(K_э^{(v)} \right)^{-1} - H_\lambda^{(v)} \right]^{-1}, \end{cases} \quad (9)$$

$$\hat{\hat{\Lambda}}_{э}^{(v)} = \Phi_э^{(v)} \hat{\hat{\Lambda}}_{ps}^{(v-1)}, \quad (10)$$

$$K_э^{(v)} = \Phi_э^{(v)} K_{ps}^{(v-1)} \Phi_э^{(v)T} + BB^T, \quad (11)$$

$$\vec{G}_\lambda^{(v)} = W_{q\lambda}^T H_q \left[\vec{Q}\left(\Lambda_э^{(v)} \right) - \hat{\vec{Q}}_{мп}^{(v)} \right] \quad (12)$$

$$H_q = -K_q^{-1} \quad (13)$$

$$\frac{\partial^2 F}{\partial \lambda_i \partial \lambda_j} = \sum_{j=1}^{m} \sum_{\mu=1}^{m} \left(H_q(ij) \frac{\partial^2 q_j}{\partial \lambda_i \partial \lambda_j} \left(q_{\mu э} - q_{\mu мп} \right) + \frac{\partial q_j}{\partial \lambda_i} \frac{\partial q_\mu}{\partial \lambda_j} \right), \quad (14)$$

где $\hat{\hat{\Lambda}}_{ps}^{(v)}$ – апостериорное значение вектора состояния, полученное с использованием критерия МАВ на ν - ом шаге; $\hat{\hat{\Lambda}}_{э}^{(v)}$ – экстраполяционное

значение вектора состояния на ν - ом шаге, $K_{ps}^{(\nu)}$ – апостериорная ковариационная матрица на ν - ом шаге; $\vec{G}_{\lambda}^{(\nu)}$ – вектор первых частных производных логарифма функции правдоподобия (ЛФП) по элементам вектора состояния в точке экстраполяции на ν - ом шаге; $K_{э}^{(\nu)}$ – экстраполяционная ковариационная матрица ν - ом шаге; $H_{\lambda}^{(\nu)}$ – матрица вторых частных производных логарифма функции правдоподобия по элементам вектора состояния в точке экстраполяции на ν - ом шаге; $\Phi_{э}^{(\nu)}$ – экстраполяционное значение матрицы перехода; $\hat{\hat{\Lambda}}_{ps}^{(\nu-1)}$ – апостериорное значение вектора состояния на предыдущем шаге; $K_{ps}^{(\nu-1)}$ – апостериорная ковариационная матрица на предыдущем шаге; $W_{q\lambda}^{T}$ – транспонированная матрица первых частных производных информационных параметров по элементам вектора состояния в точке экстраполяции; H_{q} – матрица первых частных производных ЛФП по информационным параметрам; K_{q} – ковариационная матрица ошибок измерения информационных параметров; $\vec{Q}\left(\Lambda_{э}^{(\nu)}\right)$ – вектор информационных параметров, вычисленных в точке экстраполяции; $\hat{\hat{Q}}_{мп}^{(\nu)}$ – вектор информационных параметров в точке максимального правдоподобия; $\dfrac{\partial^2 F}{\partial\lambda_i\partial\lambda_j}$ – элемент матрицы $H_{\lambda}^{(\nu)}$, расположенный в i - ой строке и j - ом столбце; $H_q(ij)$ – элемент матрицы H_q, расположенный в i - ой строке и j - ом столбце; $\dfrac{\partial^2 q_j}{\partial\lambda_i\partial\lambda_j}$ – вторая частная производная информационного параметра по элементам вектора состояния в точке экстраполяции; $q_{\mu э}$ – информационный параметр в точке экстраполяции; $q_{\mu мп}$ – информационный параметр в точке максимального правдоподобия; $\dfrac{\partial q_j}{\partial\lambda_i}$ – первая частная производная информационного параметра по элементу вектора состояния в точке экстраполяции.

Определим основные выражения для случая однопозиционной угло-

мерно – дальномерной радиосистемы. Первое уравнение из (9) в скалярном виде может быть записано, как:

$$\begin{cases} \hat{x}_{ps}^{(v)} = x_{э}^{(v)} + K_{ps}^{(v)}(11)g_{\lambda\, x}^{(v)} + K_{ps}^{(v)}(12)g_{\lambda\, y}^{(v)} + K_{ps}^{(v)}(13)g_{\lambda\, z}^{(v)}, \\ \hat{y}_{ps}^{(v)} = y_{э}^{(v)} + K_{ps}^{(v)}(21)g_{\lambda\, x}^{(v)} + K_{ps}^{(v)}(22)g_{\lambda\, y}^{(v)} + K_{ps}^{(v)}(23)g_{\lambda\, z}^{(v)}, \\ \hat{z}_{ps}^{(v)} = z_{э}^{(v)} + K_{ps}^{(v)}(31)g_{\lambda\, x}^{(v)} + K_{ps}^{(v)}(32)g_{\lambda\, y}^{(v)} + K_{ps}^{(v)}(33)g_{\lambda\, z}^{(v)}. \end{cases} \quad (15)$$

где $\hat{x}_{ps}^{(v)}$, $\hat{y}_{ps}^{(v)}$, $\hat{z}_{ps}^{(v)}$ – апостериорные оценённые значения соответствующих координат объекта; $x_{э}^{(v)}$, $y_{э}^{(v)}$, $z_{э}^{(v)}$ - экстраполяционные значения соответствующих координат объекта в точке экстраполяции; $K_{ps}^{(v)}(ij)$ – элемент матрицы $K_{ps}^{(v)}$, расположенный в i - ой строке и j - ом столбце; $g_{\lambda\, x}^{(v)}$, $g_{\lambda\, y}^{(v)}$, $g_{\lambda\, z}^{(v)}$ – элементы вектора $\vec{G}_{\lambda}^{(v)}$.

Запишем выражения для нахождения элементов вектора $\vec{G}_{\lambda}^{(v)}$:

$$\begin{cases} g_{\lambda\, x}^{(v)} = -\sigma_{\beta}^{-2}\dfrac{\partial\beta}{\partial x}\left(\beta_{э}^{(v)} - \hat{\beta}^{(v)}\right) - \\ -\sigma_{\varepsilon}^{-2}\dfrac{\partial\varepsilon}{\partial x}\left(\varepsilon_{э}^{(v)} - \hat{\varepsilon}^{(v)}\right) - \sigma_{\tau}^{-2}\dfrac{\partial\tau}{\partial x}\left(\tau_{э}^{(v)} - \hat{\tau}^{(v)}\right), \\ g_{\lambda\, y}^{(v)} = -\sigma_{\beta}^{-2}\dfrac{\partial\beta}{\partial y}\left(\beta_{э}^{(v)} - \hat{\beta}^{(v)}\right) - \\ -\sigma_{\varepsilon}^{-2}\dfrac{\partial\varepsilon}{\partial y}\left(\varepsilon_{э}^{(v)} - \hat{\varepsilon}^{(v)}\right) - \sigma_{\tau}^{-2}\dfrac{\partial\tau}{\partial y}\left(\tau_{э}^{(v)} - \hat{\tau}^{(v)}\right), \\ g_{\lambda\, z}^{(v)} = -\sigma_{\beta}^{-2}\dfrac{\partial\beta}{\partial z}\left(\beta_{э}^{(v)} - \hat{\beta}^{(v)}\right) - \\ -\sigma_{\varepsilon}^{-2}\dfrac{\partial\varepsilon}{\partial z}\left(\varepsilon_{э}^{(v)} - \hat{\varepsilon}^{(v)}\right) - \sigma_{\tau}^{-2}\dfrac{\partial\tau}{\partial z}\left(\tau_{э}^{(v)} - \hat{\tau}^{(v)}\right), \end{cases} \quad (16)$$

где σ_{β}, σ_{ε}, σ_{τ} - среднеквадратические отклонения соответствующих параметров.

Матрица $K_{ps}^{(v)}$ вычисляется в соответствии с вторым уравнением в (9) и уравнением (11), которое упрощается благодаря (2). Определим элементы матрицы $H_{\lambda}^{(v)}$. Согласно (14) получаем:

$$\frac{\partial^2 F}{\partial x^2} = -\sigma_\beta^{-2}\left(\frac{\partial^2 \beta}{\partial x^2}\left(\beta_э^{(v)} - \hat{\beta}^{(v)}\right) + \left(\frac{\partial \beta}{\partial x}\right)^2\right) - \\ -\sigma_\varepsilon^{-2}\left(\frac{\partial^2 \varepsilon}{\partial x^2}\left(\varepsilon_э^{(v)} - \hat{\varepsilon}^{(v)}\right) + \left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial x}\right)^2\right) - \\ -\sigma_\tau^{-2}\left(\frac{\partial^2 \tau}{\partial x^2}\left(\tau_э^{(v)} - \hat{\tau}^{(v)}\right) + \left(\frac{\partial \tau}{\partial x}\right)^2\right), \tag{17}$$

$$\frac{\partial^2 F}{\partial x \partial y} = \frac{\partial^2 F}{\partial y \partial x} = -\sigma_\beta^{-2}\left(\frac{\partial^2 \beta}{\partial x \partial y}\left(\hat{\beta}^{(v)} - \beta_э^{(v)}\right) + \frac{\partial \beta}{\partial x}\frac{\partial \beta}{\partial y}\right) - \\ -\sigma_\varepsilon^{-2}\left(\frac{\partial^2 \varepsilon}{\partial x \partial y}\left(\hat{\varepsilon}^{(v)} - \varepsilon_э^{(v)}\right) + \frac{\partial \varepsilon}{\partial x}\frac{\partial \varepsilon}{\partial y}\right) - \\ \sigma_\tau^{-2}\left(\frac{\partial^2 \tau}{\partial x \partial y}\left(\hat{\tau}^{(v)} - \tau_э^{(v)}\right) + \frac{\partial \tau}{\partial x}\frac{\partial \tau}{\partial y}\right) \tag{18}$$

$$\frac{\partial^2 F}{\partial x \partial z} = -\sigma_\beta^{-2}\left(\frac{\partial^2 \beta}{\partial x \partial z}\left(\hat{\beta}^{(v)} - \beta_э^{(v)}\right) + \frac{\partial \beta}{\partial x}\frac{\partial \beta}{\partial z}\right) - \\ -\sigma_\varepsilon^{-2}\left(\frac{\partial^2 \varepsilon}{\partial x \partial z}\left(\hat{\varepsilon}^{(v)} - \varepsilon_э^{(v)}\right) + \frac{\partial \varepsilon}{\partial x}\frac{\partial \varepsilon}{\partial z}\right) - \\ \sigma_\tau^{-2}\left(\frac{\partial^2 \tau}{\partial x \partial z}\left(\hat{\tau}^{(v)} - \tau_э^{(v)}\right) + \frac{\partial \tau}{\partial x}\frac{\partial \tau}{\partial z}\right) \tag{19}$$

$$\frac{\partial^2 F}{\partial y^2} = -\sigma_\beta^{-2}\left(\frac{\partial^2 \beta}{\partial y^2}\left(\beta_э^{(v)} - \hat{\beta}^{(v)}\right) + \left(\frac{\partial \beta}{\partial y}\right)^2\right) - \\ -\sigma_\varepsilon^{-2}\left(\frac{\partial^2 \varepsilon}{\partial y^2}\left(\varepsilon_э^{(v)} - \hat{\varepsilon}^{(v)}\right) + \left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial y}\right)^2\right) - \\ -\sigma_\tau^{-2}\left(\frac{\partial^2 \tau}{\partial y^2}\left(\tau_э^{(v)} - \hat{\tau}^{(v)}\right) + \left(\frac{\partial \tau}{\partial y}\right)^2\right), \tag{20}$$

$$\frac{\partial^2 F}{\partial y \partial z} = -\sigma_\beta^{-2}\left(\frac{\partial^2 \beta}{\partial y \partial z}\left(\hat{\beta}^{(v)} - \beta_э^{(v)}\right) + \frac{\partial \beta}{\partial y}\frac{\partial \beta}{\partial z}\right) - \\ -\sigma_\varepsilon^{-2}\left(\frac{\partial^2 \varepsilon}{\partial y \partial z}\left(\hat{\varepsilon}^{(v)} - \varepsilon_э^{(v)}\right) + \frac{\partial \varepsilon}{\partial y}\frac{\partial \varepsilon}{\partial z}\right) - \\ \sigma_\tau^{-2}\left(\frac{\partial^2 \tau}{\partial y \partial z}\left(\hat{\tau}^{(v)} - \tau_э^{(v)}\right) + \frac{\partial \tau}{\partial y}\frac{\partial \tau}{\partial z}\right) \tag{21}$$

$$\frac{\partial^2 F}{\partial z^2} = -\sigma_\beta^{-2}\left(\frac{\partial^2 \beta}{\partial z^2}\left(\beta_э^{(v)} - \hat{\beta}^{(v)}\right) + \left(\frac{\partial \beta}{\partial z}\right)^2\right) - \\ -\sigma_\varepsilon^{-2}\left(\frac{\partial^2 \varepsilon}{\partial y^2}\left(\varepsilon_э^{(v)} - \hat{\varepsilon}^{(v)}\right) + \left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial z}\right)^2\right) - \\ -\sigma_\tau^{-2}\left(\frac{\partial^2 \tau}{\partial z^2}\left(\tau_э^{(v)} - \hat{\tau}^{(v)}\right) + \left(\frac{\partial \tau}{\partial z}\right)^2\right). \tag{22}$$

3. Моделирование и оценка качества фильтрации

В качестве простейшей оценки качества фильтрации может быть взята точечная ошибка по каждой координате [2]:

$$\begin{cases} e_x^{(v)} = x^{(v)} - \hat{x}_{ps}^{(v)}, \\ e_y^{(v)} = y^{(v)} - \hat{y}_{ps}^{(v)}, \\ e_z^{(v)} = z^{(v)} - \hat{z}_{ps}^{(v)}. \end{cases} \tag{23}$$

Для обобщенной оценки ошибки фильтрации по обеим координатам можно рассматривать расстояние между истинными значениями координат и значениями на выходе фильтра:

$$d^{(v)} = \sqrt{\left(x^{(v)} - \hat{x}_{ps}^{(v)}\right)^2 + \left(y^{(v)} - \hat{y}_{ps}^{(v)}\right)^2 + \left(z^{(v)} - \hat{z}_{ps}^{(v)}\right)^2}. \tag{24}$$

Ввиду того, что величины (23) и (24) являются случайными для численных оценок качества фильтрации могут быть взяты числовые характеристики статистических распределений – выборочное среднее, исправленная выборочная дисперсия и исправленное выборочное среднеквадратическое отклонение [3]:

$$\bar{z} = \frac{1}{n}\sum_{v=1}^{n} z^{(v)}, \tag{25}$$

$$D_z = \frac{1}{n-1}\sum_{v=1}^{n}\left(z^{(v)} - \bar{z}\right)^2, \tag{26}$$

$$\sigma_z = \sqrt{D_z}. \tag{27}$$

В (25) - (27) в качестве z могут выступать либо точечные ошибки (23), либо расстояние (24). Суммы в (25) - (27) обычно ограничиваются n - числом импульсов за время наблюдения.

СКО измерения задержки σ_τ могут быть рассчитаны по формуле потенциальной точности [4]:

$$\sigma_\tau = \frac{1}{\Delta f_c \sqrt{\frac{2E}{N_0}}}, \tag{28}$$

где Δf_c – ширина спектра эхосигнала, $\frac{2E}{N_0}$ – энергетическое отношение сигнал/шум.

СКО измерения пеленгов σ_β и σ_ε могут быть определены в соответствии с [5]. В антенной решетке для карандашного луча количество излучающих элементов N связано с шириной луча θ на уровне 0.5 по мощности выражением:

$$\theta \approx \frac{100}{\sqrt{N}}. \tag{29}$$

С помощью (29) могут быть определены σ_β и σ_ε, согласно графикам, построенным П. Сверлингом [5]. График представляет собой зависимость величины $\sigma\frac{\sqrt{N}}{\theta}$ от ОСШ в дБ для флуктуирующей и нефлуктуирующей цели. Таким образом задаваясь, числом излучающих элементом N можно определить σ_β, σ_ε для различных значений ОСШ.

Далее зададимся некоторыми конкретными исходными параметрами радиосистемы и объекта наблюдения. В процессе моделирования будем менять некоторые из них, оценивая при этом показатели качества и, таким образом, определяя влияние конкретного параметра на показатели качества фильтрации.

Период следования импульсов брался равным $T_c = 0.001$ с. При этом время наблюдения было ограничено $t_{набл} = 1$ с, и, соответственно, ограничено количество тактов $n = 1000$. Ширина спектра зондирующего сигнала составила $\Delta f_c = 1$ ГГц, а ОСШ = 3 дБ. Таким образом, средне-

квадратическое отклонение составило $\sigma_\tau = 10^{-9}$ с. Размеры антенной решетки брались 10 на 10 элементов, таким образом, образуя общее число $N = 100$. Значения σ_β, σ_ε брались одинаковыми и равными $0.6°$.

Начальные координаты объекта наблюдения выбирались из условия, что ОН в начальный момент находится на расстоянии $R^{(1)} = 1500$ м от охранной системы, при этом углы были $\beta^{(1)} = 45°$, $\varepsilon^{(1)} = 45°$.Таким образом начальные координаты ОН по осям X, Y, Z составили $x^{(1)} = y^{(1)} = 750$ м, $y^{(1)} = 1061$ м. СКО траекторных флюктуаций за интервал наблюдения 1 с. (соизмеримый с интервалом корреляции) брались одинаковыми и равными $b_x = b_y = b_z = 1$ м. Соответственно, получаем СКО флюктуаций траектории за один такт $b_{x\,T_c} = b_{y\,T_c} = b_{z\,T_c} = 0.001$ м.

На рис. 2 представлены типовые графики обобщенных ошибок (24) оценки и фильтрации для заданных параметров.

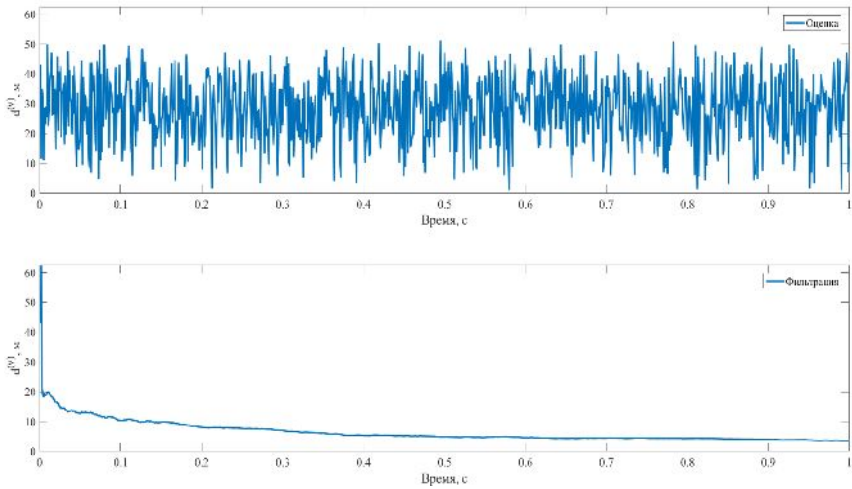


Рис. 2. Обобщенная ошибка расстояния между истинными значениями координат и оцененными для оценки и фильтрации.

На рис. 3 представлена зависимость исправленного выборочного среднеквадратического отклонения (27) обобщенных ошибок (24) оценки и фильтрации в зависимости от ширины спектра полосы пропускания Δf_c. Параметр Δf_c менялся от 1 до 10 ГГц, при этом значения СКО усреднялись по 100 реализациям.

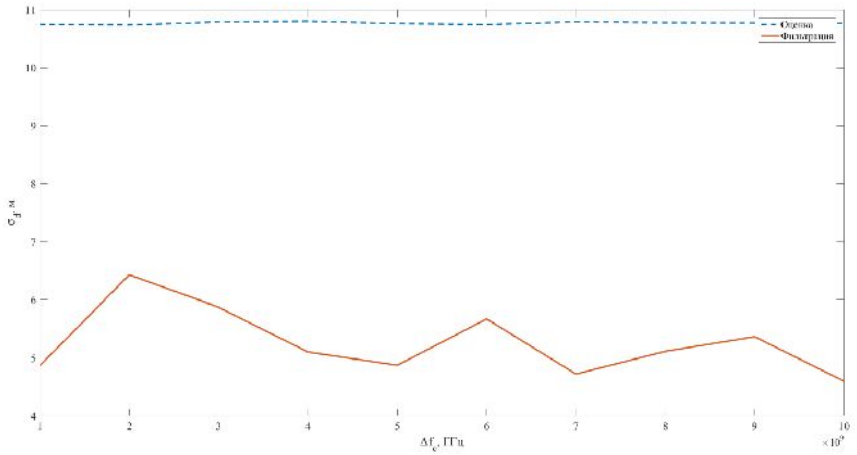


Рис. 3. Зависимость исправленного выборочного среднеквадратичного отклонения ошибки от ширины спектра эхосигнала Δf_c.

На рис. 4 представлена зависимость исправленного выборочного среднеквадратического отклонения (27) обобщенных ошибок (24) оценки и фильтрации в зависимости от ОСШ. Параметр ОСШ менялся от 1 до 10 дБ, при этом значения СКО усреднялись по 100 реализациям.

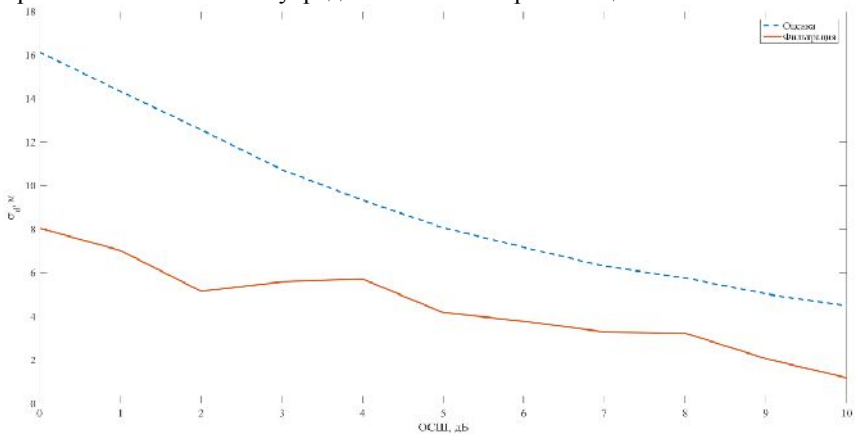


Рис. 4. Зависимость исправленного выборочного среднеквадратичного отклонения ошибки от отношения сигнал/шум (ОСШ)

На рис. 5 представлена зависимость исправленного выборочного среднеквадратического отклонения (27) обобщенных ошибок (24) оценки и фильтрации в зависимости от начального расстояния между пунктом обработки

информации и объектом наблюдения $R^{(1)}$. Расстояние менялось от 500 до 5000 м, при этом значения СКО усреднялись по 100 реализациям.

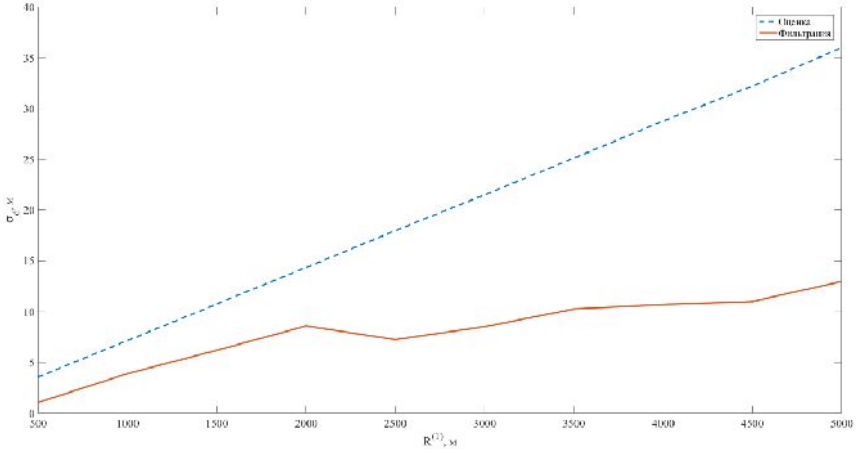


Рис. 5. Зависимость исправленного выборочного среднеквадратичного отклонения ошибки от начального расстояния до объекта наблюдения $R^{(1)}$.

На рис. 6 представлена зависимость исправленного выборочного среднеквадратического отклонения (27) обобщенных ошибок (24) оценки и фильтрации в зависимости от угла $\beta^{(1)}$. Угол менялся от $0°$ до $90°$, при этом значения СКО усреднялись по 100 реализациям.

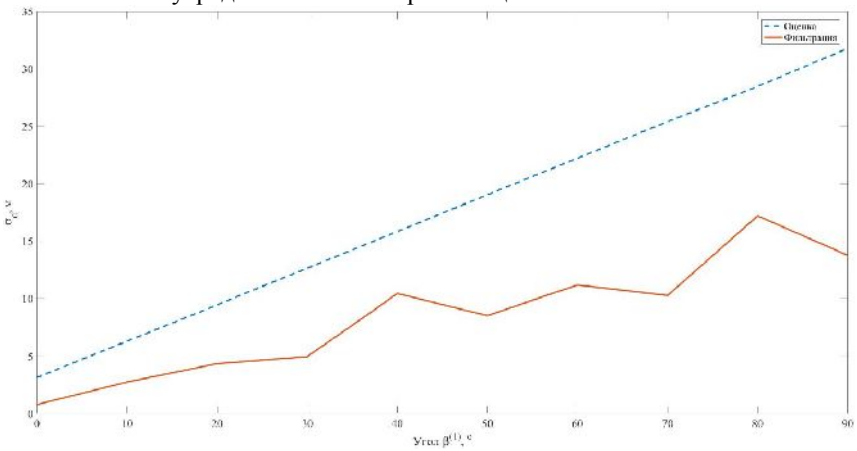


Рис. 6. Зависимость исправленного выборочного среднеквадратичного отклонения ошибки от угла $\beta^{(1)}$.

На рис. 7 представлена зависимость исправленного выборочного среднеквадратического отклонения (27) обобщенных ошибок (24) оценки и фильтрации в зависимости от угла $\varepsilon^{(1)}$. Угол менялся от $0°$ до $90°$, при этом значения СКО усреднялись по 100 реализациям.

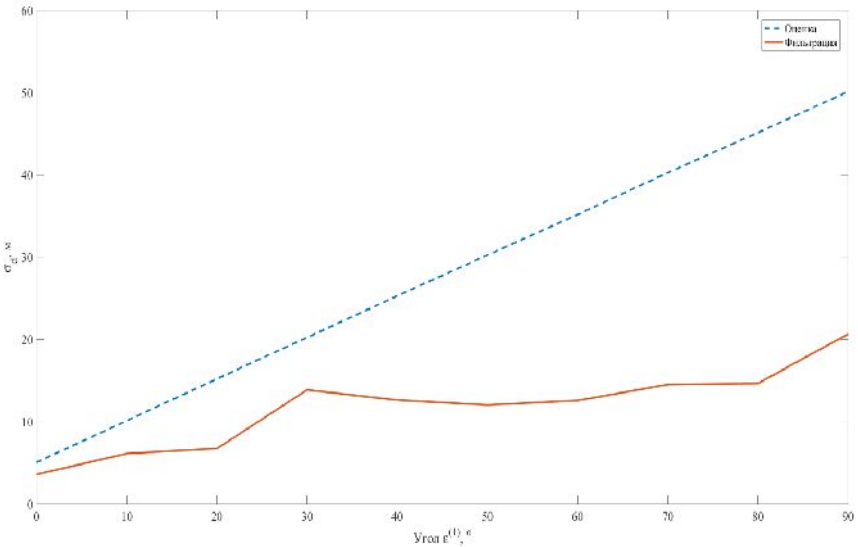


Рис. 7. Зависимость исправленного выборочного среднеквадратичного отклонения ошибки от угла $\varepsilon^{(1)}$.

Заключение

Из рис.2 – 7 видно, что в целом фильтрация позволяет достичь лучшего качества, чем оценка. При некоторых начальных условиях ввиду большой ошибки измерения пеленгаторов алгоритму необходимо больше времени для достижения лучших результатов. Естественно при данном ограниченном времени наблюдения наблюдается некоторая неоднородность кривых. Из рис.3 видно, что точность определения местоположения объекта наблюдения фактически зависит только от ошибок пеленгаторов и по сути не зависит от ошибок дальномера.

Список литературы

1. Квазиоптимальный алгоритм вторичной обработки информации в радиолокационной системе. Азизов А.Г., Заикин Б.А., Калиниченко М.Е.,

Котов А.Ф. // Вестник МГТУ МИРЭА, М.: МИРЭА, 2014 г., с.184 - 195.

2. Радиоэлектронные системы: Основы построения и теория. Справочник. Изд. 2-е, перераб. и доп. / Под ред. Я. Д. Ширмана. – М.: Радиотехника, 2007. – 512 с.

3. Справочник по высшей математике / А.А. Гусак, Г.М. Гусак, Е.А. Бричкова. – Мн.: ТетраСистемс. 1999. – 640 с.

4. Авиационные радиолокационные комплексы и системы: учебник для слушателей и курсантов ВУЗов ВВС / П.И. Дудник, Г.С. Кондратенков, Б.Г. Татарский, А.Р. Ильчук, А.А. Герасимов. Под ред. П.И. Дудника. – М.: Изд. ВВИА им проф. Н.Е. Жуковского, 2006. – 1112 с.

5. Справочник по радиолокации / Под ред. М.И. Сколника. Пер. с англ. под общей ред. В.С. Вербы. В 2 книгах. Книга 1. Москва: Техносфера, 2014. – 672 с.

ESTIMATING OF FILTERING QUALITY OF A NONLINEAR ALGORITHM IN A MONOSTATIC RANGE – ANGLE MEASURMENT RADIO SYSTEM

© Y.O. Areshin[1], B.A. Zaikin[2,3], A.F. Kotov[2]
[1]PLC «NPK «NIIDAR», Moscow, Russia
[2]Moscow Technological University, Moskow, Russia
e-mail: [3]halfmazerkin@gmail.com

Аннотация. Obtaining of an estimation of filtering quality of a monostatic range – angle measurement radio system is described in paper. Mathematical model of an observed object (1) – (4), geometric construction of a single position security system (Fig.1) and it mathematical description (6) – (8) are given in Part 1. Description of processes filtering by a nonlinear algorithm (9) – (22) is presented in the Part 2. Part 3 describes the definition of estimation criteria for the quality of filtering process, parameters for modeling the given system and the results of the modeling. The suggested criteria for the quality of filtering process include average, variance and standard deviation of filtering errors and interval between the true and filtering values (23) – (27). Results of modeling are presented at Fig.2. – Fig.7.

Keywords. Filtering of state vector, error of filtering, monostatic range – angle measurement radio system.

УДК 004.021

РАСШИРЕННОЕ МИКШИРОВАНИЕ ПОТОКОВ АУДИОДАННЫХ ДЛЯ МНОГОПРОЦЕССОРНЫХ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ УСТРОЙСТВ

© А.А. Колпаков, Ю.А. Кропотов
Муромский институт (филиал) ФГБОУ ВО
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»,
Муром, Владимирская область, Россия
desT.087@gmail.com, kaf-eivt@yandex.ru

Аннотация: Целью работы является разработка эффективного алгоритма микширования аудиопотоков для обработки на графических процессорах. Элементами новизны представленного решения является использование двухпроходного рендера. Результаты исследований показали, что применение разработанного алгоритма приводит к существенному увеличению производительности вычислений. Представленное решение предполагается реализовать в виде программного обеспечения многопроцессорных устройств в системах телекоммуникаций.

Ключевые слова: двухпроходной рендер, алгоритм повышения производительности, параллельные вычисления, гетерогенные вычислительные системы, графические процессоры, микширование аудио данных.

С развитием современных компьютерных сетей такие мультимедиа Internet-приложения, как удаленная работа по сети, совместные разработки и видео конференции, прочно вошли в повседневную жизнь. Согласно исследованиям [1] 75% межпользовательского общения по сети приходится на голосовой трафик. Поскольку голосовое общение играет такую важную роль, нельзя исключать и голосовые конференции с несколькими участниками.

Простейший сценарий организации голосовой коммуникации заключается в том, что каждый источник звука шлет свой аудиопоток каждому приемнику независимо. Такой метод прост и удобен, но требует высокой пропускной способности сети, что не всегда можно обеспечить. Поэтому лучшим методом может служить микширование аудио, что означает комбинирование аудиопотоков от каждого источника в один. Исходя из возможности звуковых волн накладываться друг на друга, данный метод может обеспечивать приемлемое качество звука, при этом обеспечивая снижение загруженности сети. Однако, применение данного метода может существенно увеличить нагрузку на центральный процессор сервера, что может негативно сказываться на производительность системы в целом. Выходом из данной ситуации может стать применение графических процессоров для решения данной задачи.

1. Проблемы использования графических процессоров для аудио микширования

Хотя графические процессоры достаточно производительны, существует несколько проблем в использовании их для аудио микширования, которые связаны с архитектурой и ограниченностью функционала [2].

Первая проблема – это пропускная способность шины между графическим процессором и основной памятью, которая меньше, чем между основным процессором и основной памятью. Например, чипсет Intel 975X обеспечивает теоретическую пропускную способность для CPU 10.7 ГБ/с, а для GPU только 8 ГБ/с. Практика показывает, что отсутствие поддержки асинхронного ввода/вывода требует больших временных затрат для дополнительных операций, таких как блокировка/разблокировка буфера. Поскольку общие вычисления на GPU базируются на 3D рендеринге, скорость записи обычно выше, чем скорость чтения. Такая асимметрия делает процедуру считывания результата достаточно продолжительной [3, 4].

Во-вторых, общие вычисления на GPU базируются на 3D моделях, различные задачи требуют различных настроек GPU, таких как 3D модели, трансформирующие матрицы и программы шейдеров. Во время загрузки настроек вычислительные потоки GPU не задействованы. Хуже всего то, что GPU не сообщает CPU о завершении выполнения задания, поэтому CPU вынужден периодически проверять статус GPU. Это довольно времязатратная операция, так как она нарушает параллелизм между GPU и CPU.

В-третьих, недостатком GPU является производительность в логических операциях. Как известно, CPU отслеживает ветвления, GPU же работает по-другому: каждая ветка ветвления сначала выполняется, а потом уже выбирается нужный результат. Это делает распараллеливание легче, но требует больше ресурсов.

И наконец, набор инструкций GPU несовместим с CPU. Кроме того, время выполнения и длина кода лимитированы. Все это делает сложным перенос существующих алгоритмов на графические процессоры [5].

2. Структура разрабатываемого алгоритма

Базовый алгоритм аудио микширования состоит из пяти этапов. Первый шаг – это суммирования аудио семплов от различных источников, что может быть представлено следующей формулой [6,7]:

$$\overrightarrow{M}_t = \sum_{k=0}^{n} \vec{u}_{k,t}, \qquad (1)$$

где $\vec{u}_{k,t}$ – вектор семпла, т.е. вектор отсчетов, полученных микрофоном k за время t;

$\overrightarrow{M}_t$ – итоговый вектор микширования.

Второй этап – это эхокомпенсация, которая в базовом виде заключается в исключении семпла *i*-го устройства из итогового вектора [8]. Данный этап представляется в виде

$$\overrightarrow{M}_{i,t} = \overrightarrow{M}_t - \vec{u}_{i,t}, \quad (2)$$

где $\overrightarrow{M}_{i,t}$ – итоговый вектор микширования для *i*-го устройства; $\vec{u}_{i,t}$ – семпл *i*-го устройства.

Для корректности итогового вектора $\overrightarrow{M}_{i,t}$ необходимо, чтобы его размерность была равна размерности входящих векторов. Однако, после проведения этапов 1 и 2 вектор $\overrightarrow{M}_{i,t}$ может быть переполнен, что приведет к нежелательным шумам [9]. Для того, чтобы использовать изначально вектор $\overrightarrow{M}_{i,t}$ больших размеров, необходимо проводить его сжатие для дальнейшего использования. Это делается на третьем этапе по формуле

$$\overrightarrow{M}_{i,t} = \overrightarrow{M}_{i,t} \times frac_{i,t}, \quad (3)$$

где $frac_{i,t}$ – коэффициент ослабления для *i*-го устройства. Этот коэффициент необходимо вычислять автоматически, исходя из максимального сжатого семпла. Поиск максимума среди сжатых семплов происходит на четвертом этапе, а корректировка коэффициента ослабления – на пятом.

Блок-схема базового алгоритма микширования представлена на рис. 1.

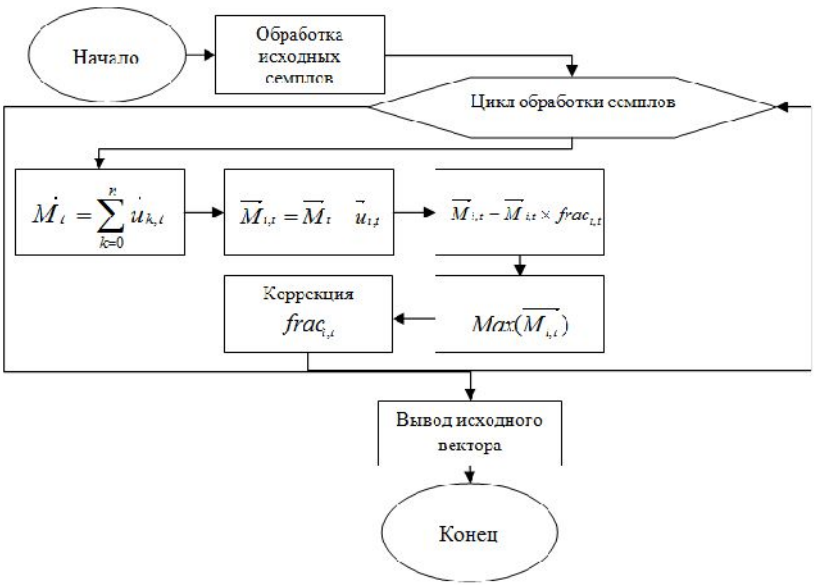


Рис. 1. Блок-схема базового алгоритма микширования

Для лучшего описания алгоритма, возможности GPU представляются в виде f – функции текстуры X и координат пикселя p_i, представленной формулой

$$f(X,P) = \{y_i \mid \forall p_i \in P_i y_i = f(X, p_i)\}, \quad (4)$$

где y_i – проекция пикселя p_i на текстуру X,

P – проекция 3D-модели.

Для каждого пикселя в проекции 3D модели P будет рассчитана функция (4) и затем результат будет записан в буфер рендера.

Из формулы (4) видно, что образец вычислений на GPU может быть представлен как $A=(X,P,f)$.

Пусть n обозначает общее количество источников звука в сессии, а L – длину одного аудио семпла. Каждый из трех первых шагов микширования (накопление семплов, эхокомпенсация и сжатие) выдает n последовательностей по L байт. В то же время два последних шага (поиск максимального семпла и адаптация коэффициента затухания) выдают только n целых чисел. Поскольку первые три шага могут быть выполнены в рамках одной проекции для вычислений на GPU, они могут быть скомбинированы в один шаг, как показано ниже

$$\vec{m}_i = \left(\sum_{j=0}^{n-1} \vec{u}_j - \vec{u}_i \right) \times frac_i. \quad (5)$$

Поскольку четвертый шаг использует другое измерение, отличное от первых трех, он не может быть объединен в рамках формулы (5). Блок-схема расширенного алгоритма микширования представлена на рис. 2.

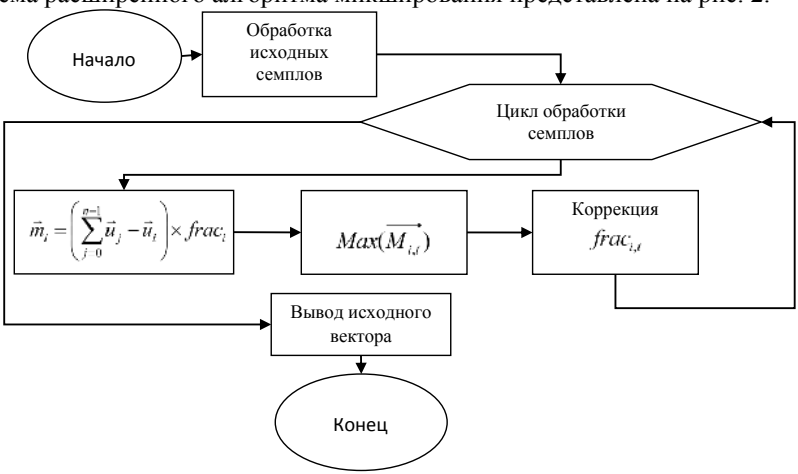


Рис. 2. Блок-схема расширенного алгоритма микширования

Обычно вычисления, проекции которых не совпадают и не имеют пересечений, могут быть объединены по общим признакам. Поэтому если эти вычисления обозначить как *A1=(Xl,PI,f1)* и *A2=(X2,P2,f2)*, то их можно объединить, как показано ниже.

$$X = \langle X_1, X_2 \rangle, P = P_1 \cup P_2,$$
$$f(\langle X_1, X_2 \rangle, p) = \begin{cases} f_1(X_1, p), p \in P_1, \\ f_2(X_2, p), p \in P_2. \end{cases} \quad (6)$$

Как видно из (6) основным алгоритмом является проверка координаты каждого пикселя для выбора функции выполнения модуля. Так как GPU выполняет все ветви до выбора нужной, каждая ветвь будет выполнена для каждого пиксела, что займет много времени.

В разрабатываемом алгоритме представлен альтернативный метод выполнения большого количества функций, который выводит в один буфер рендера выходные данные различной длины с помощью многопотокового рендеринга. Здесь основным правилом является перемещение проекции путем модифицирования проекционной матрицы, чтобы вычислительная площадь каждой функции ограничивалась необходимой областью, а не всем буфером.

В зависимости от пикселя на него может приходиться разный объем информации без потери универсальности. Обозначим через w общее число пикселей, необходимое для хранения *L* байт. Таким образом, буфер рендера может быть представлен как *(w+1)*n*. 3D модель разрабатываемого алгоритма представляет собой прямоугольник, который лежит на плоскости *Z*. Он имеет размеры: *2w/(w+1)* единиц по ширине и 2 единицы по высоте. Координаты вершин – (-1,-1,0), (1-2/(*w*+1),-1,0), (-1,1,0), (1-2/(*w*+1),1,0).

При первом проходе рендеринга в качестве матрицы проецирования выбирается единичная матрица. Это обеспечивает проекции совпадение с 3D моделью. После преобразования видимой области, в этом проходе для выполнения первых трех шагов микширования применяется формула (5). Преобразования 3D-модели, производимые в первых трех шагах, представлены на рис. 3.

Во втором проходе рендеринга проекция смещается влево на *L* пикселей. В то же время программа шейдера переключается в режим поиска максимального семпла. В этом проходе может быть записана только одна колонка, поскольку большинство частей проекции лежат вне буфера рендера и будут автоматически игнорированы GPU. Так как отсечение проекции было выполнено в начале рендера, этот метод вызывает функцию только для корректных пикселей, а не для всего буфера. Действия, производимые на втором проходе алгоритма, представлены на рис. 4.

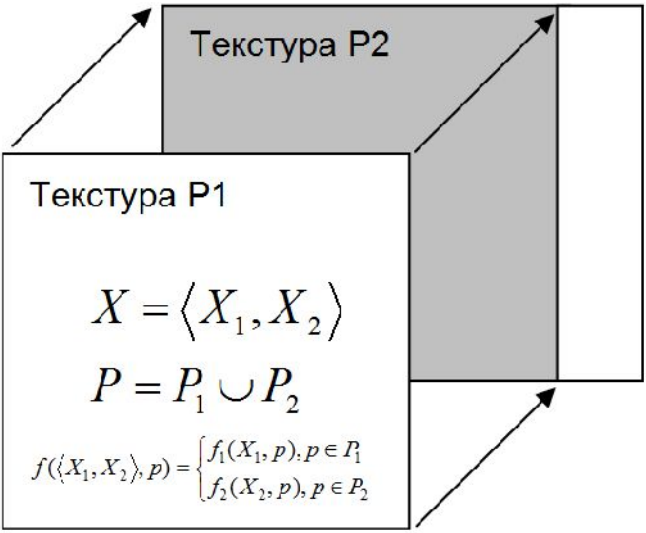


Рис. 3. Первый проход алгоритма

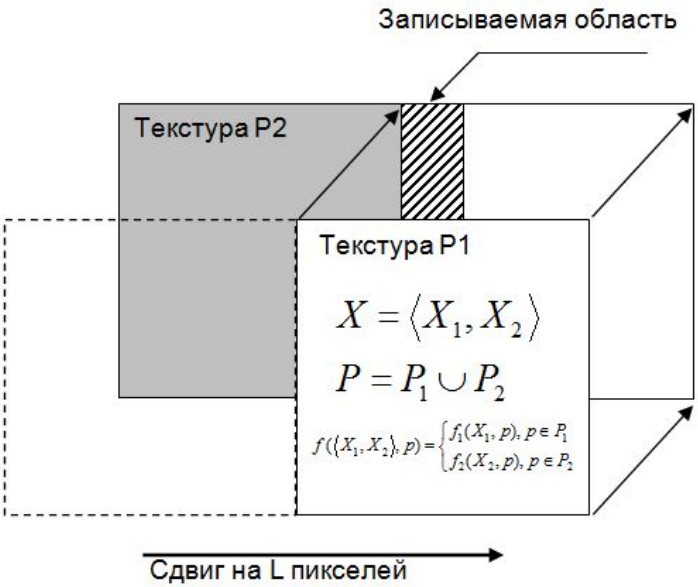


Рис. 4. Второй проход алгоритма

3. Использование алгоритма с одной текстурой

Как замечено выше, оба прохода алгоритма в качестве входных данных требуют n последовательностей семплов каждый. Для каждой последовательности должна быть выделена своя уникальная текстура. Всего требуется n текстур размерностью L. Такая многотекстурная технология не подходит для аудио микширования. Во-первых, для каждого источника звука требуется своя текстура. Поэтому могут потребоваться дополнительные проходы. Во-вторых, загрузка множества маленьких текстур гораздо медленнее, чем загрузка одной большой.

В разрабатываемом алгоритме предлагается загрузка единой текстуры. В качестве примера представлен первый проход алгоритма. Входные данные содержат n семплов последовательностей размером L байт и n коэффициентов затухания. Используется два текстурных буфера формата RGBA. Текстура T1 имеет размерность [L/4]*n и хранит все семплы последовательностей в линию. Текстура T2 имеет размерность 1*n и хранит коэффициенты затухания. Координаты всех текстур приведены в таблице 1.

Таблица 1. Координаты текстур, используемых в разработанном алгоритме

Вершины	Координаты текстуры T1	Координаты текстуры T2
(-1, -1, 0)	(1/2w, 1)	(0.5, 1)
(1-2/(w+1), -1, 0)	(1, 1)	(0.5, 1)
(-1, 1, 0)	(1/2w, 0)	(0.5, 0)
(1-2/(w+1), 1, 0)	(1, 0)	(0.5, 0)

Аудио микширование производится независимо для каждого пикселя. Текстурные координаты пикселя (x,y) рассчитываются путем интерполяции текстурных координат вершин. Исходя из таблицы 1, текстурная координата для T1 или pt.t0 должна быть (X,Y), а для T2 или pt.t1 – (0.5,Y). Pt.t0 указывает на семпл, для которого производятся текущие преобразования микширования, данный семпл назовем «точкой прицеливания». Для исключения появления эха другая текстурная координата ptCur ограничена по доступу T1 вместо pt.t0. Составляющая x текстуры ptCur идентична текстуре pt.t0, а составляющая y рассчитывается из циклической переменной, которая обозначает каждый источник звука. В цикле регистр положения v используется, чтобы пропустить «точку прицеливания». Наконец, коэффициенты затухания считываются из текстуры pt.t1. Поскольку коэффициент хранится в первом байте, выборка производится только по синей составляющей.

4. Экспериментальное исследование разработанного алгоритма

Тестовые входные данные для микширования представляют собой последовательности по 320 семплов. Все семплы сгенерированы случайно. В качестве тестового стенда использован компьютер с процессором Intel Core i3-4130, 4 ГБ оперативной памяти, графическая карта NVIDIA GeForce GT730. Варьировалось количество последовательностей *M*. Результаты для базового и разработанного алгоритмов на выходе идентичны. Результаты экспериментального исследования зависимости времени выполнения микширования *t* от количества последовательностей *M* приведены на рис. 5.

Как видно из результатов тестирования, представленных на рис. 5, применение расширенного алгоритма аудио микширования позволяет увеличить производительность компьютерной системы в 5-6 раз [10, 11].

В таблице 2 приведены результаты измерения среднего времени работы алгоритма *t* для 8 случайных последовательностей по 320 семплов. В ходе измерения было проведено 1000 циклов обработки, для каждого из которых генерировались новые случайные последовательности семплов. Для полученных результатов рассчитана дисперсия выходных последовательностей, значения которой также приведены в таблице 2.

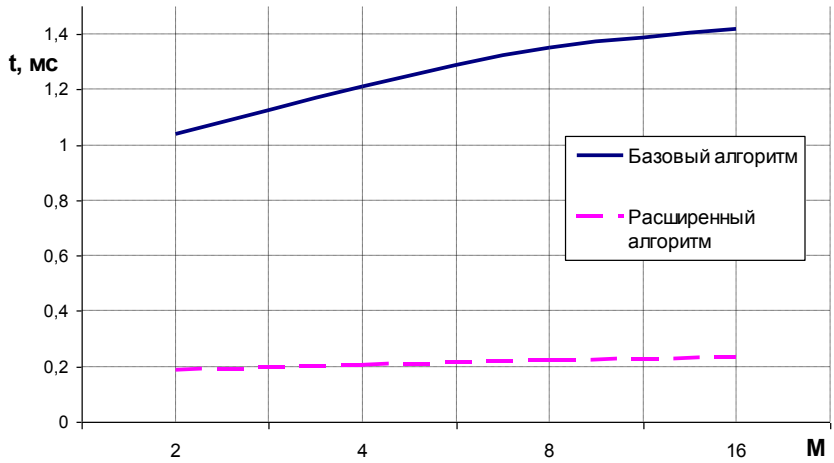


Рис. 5. Результаты экспериментального исследования зависимости времени выполнения микширования t от количество последовательностей M

Таблица 2. Результаты исследования алгоритма расширенного микширования аудиопотоков для 8 последовательностей семплов

Применяемый алгоритм	Среднее время работы алгоритма, мс	Дисперсия выходных последовательностей
Базовый алгоритм	1,351	3,757
Разработанный алгоритм	$2{,}226 \times 10^{-1}$	$1{,}426 \times 10^{-3}$

Как видно из результатов тестирования, представленных в таблице 2, дисперсия выходных последовательностей для базового алгоритма существенно выше, чем для разработанного. Это связано с тем, что для вычислений в графическом процессоре применяются 32-битные числа, тогда как для вычислений на центральном процессоре – 64-разрядные. Применение разработанного алгоритма в гетерогенной компьютерной системе уменьшает время на обработку данных до $0{,}2226 \times 10^{-3}$ с вместо $1{,}351 \times 10^{-3}$ с – временем обработки данных базовым алгоритмом.

В данной работе представлен алгоритм расширенного микширования аудиопотоков для вычислений на графических процессорах. Главное его достоинство – это комбинирование множества этапов микширования путем использования двухпроходного рендера, что существенно снижает время переключения между буферами. Использование для расчетов одной текстуры повышает эффективность операций ввода/вывода. Хотя операции ввода/вывода занимают приблизительно половину времени вычислений, экспериментальные исследования разработанного алгоритма показали увеличение производительности до 6 раз.

Библиографический список

1. E. Lindholm, J. Nickolls, S. Oberman, J. Montrym. NVIDIA Tesla: A unified graphics and computing architecture. IEEE Micro, 2008, 28(2). pp. 39-55.

2. D. Luebke, M. Harris, J. Kruger, T. Purcell, N. Govindaraju, I. Buck, C. Woolley, A. Lefohn. GPGPU: general purpose computation on graphics hardware. In SIGGRAPH '04: ACM SIG-GRAPH 2004 Course Notes, New York, NY, USA, 2004, pp. 33.

3. Колпаков А. А. Аспекты оценки увеличения производительности вычислений при распараллеливании процессоров вычислительных систем // Методы и устройства передачи и обработки информации. 2011. №1(13). С. 124-127.

4. Колпаков А. А. Теоретическая оценка роста производительности вычислительной системы при использовании нескольких вычислительных устройств // В мире научных открытий. 2012. №1. С. 206-209.

5. Колпаков А. А. Оптимизация генетических алгоритмов при использовании вычислений на графических процессорах на примере задачи нулевых битовых векторов // Информационные системы и технологии, 2013. №2(76). С. 22-28.

6. Кропотов Ю. А. Экспериментальные исследования закона распределения вероятности амплитуд сигналов систем передачи речевой информации // Проектирование и технология электронных средств. 2006. Т.4. С. 37-42.

7. Кропотов Ю. А. Статистические параметры сигналов при проектировании оперативно-командных телекоммуникационных систем // В мире научных открытий, 2010. №6-1. С. 39-44.

8. Кропотов Ю. А., Быков А. А. Аппроксимация закона распределения вероятности отсчетов сигналов акустических помех // Радиотехнические и телекоммуникационные системы, 2011. №2. С. 61-63.

9. Ермолаев В. А., Кропотов Ю. А. О корреляционном оценивании параметров моделей акустических эхо-сигналов // Вопросы радиоэлектроники, 2010. Т.1 №1. С. 46-50.

10. Кропотов Ю. А., Проскуряков А. Ю., Белов А. А., Колпаков А. А. Модели, алгоритмы системы автоматизированного мониторинга и управления экологической безопасности промышленных производств // Системы управления, связи и безопасности. 2015. №2. С. 184-197.

11. Кропотов Ю. А., Белов А. А., Проскуряков А. Ю., Колпаков А. А. Методы проектирования телекоммуникационных информационно–управляющих систем аудиообмена в сложной помеховой обстановке // Системы управления, связи и безопасности. 2015. №2. С. 165-183.

ENHANCED MIXING OF AUDIO DATA STREAMS FOR MULTIPROCESSOR TELECOMMUNICATION DEVICES

A. A. Kolpakov, Y. A. Kropotov

Abstract. The purpose of the present paper is development of an efficient algorithm for mixing audio streams for processing on GPUs. Method of transfer operations computing on graphics processors with the use of Shader programs. Novel features presented solutions is using a two-pass rendering. The results showed that the application of the developed algorithm leads to an increase in computational performance up to 6 times. Presented solution can be implemented as software in the telecommunications multiprocessor systems.

Keywords: two-pass rendering, algorithm of performance improving, parallel computing, heterogeneous computing system, graphics processors, mixing the audio data.

УДК 681.324

МЕТОД АДАПТИВНОЙ КОМПЕНСАЦИИ ЭХО-СИГНАЛОВ В СИСТЕМАХ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ АУДИООБМЕНА

© Ю.А. Кропотов, А.А. Белов

Муромский институт (филиал) ФГБОУ ВО
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
Муром, Владимирская область, Россия
kaf-eivt@yandex.ru, aleks.murom@mail.ru

Аннотация. Исследуется метод адаптивной компенсации эхо-сигналов в диапазоне значимых значений задержек систем телекоммуникаций громкоговорящей связи. Показано, что возможно обеспечение высокой скорости сходимости и высокой степени подавления эха при формировании адаптивной фильтрации в локализованной окрестности задержек.

Ключевые слова. Телекоммуникационные системы, громкоговорящая связь, алгоритмы компенсации, эхо-сигналы, многоканальный алгоритм.

Потребность в компенсации эхо-сигналов возникает при построении систем телекоммуникаций аудиообмена, систем громкоговорящей связи [1]. Сложность решения этой задачи во многом обусловливается большими задержками в каналах распространения эха, которые для указанных систем могут достигать величины порядка пятисот миллисекунд и более [2, 3, 4]. В этих условиях фильтр с конечной импульсной характеристикой, входящий в состав компенсатора, должен иметь порядок более нескольких тысяч, что существенно снижает скорость его настройки [2, 3]. Решить эту проблему можно, если ввести блок адаптивных фильтров, каждый из которых обеспечивает компенсацию только в своем диапазоне задержек, локализованных в окрестности некоторых значимых значений. В этом случае порядок фильтров существенно уменьшается, число каналов эха сокращается до числа значимых устойчивых долговременных параметров, суммарное число настраиваемых коэффициентов сокращается.

Поэтому в настоящей работе исследуются характеристики алгоритма компенсации эха, основанного на временной селекции и методе наименьших квадратов [5, 6, 7]. При этом параметры каналов эхо-сигналов, их значимые значения задержек и затуханий вычисляются методами корреляционного анализа. Известным принимается опорный сигнал – сигнал источника эха.

1. Адаптивная компенсация эхо сигналов

Схема адаптивного фильтра компенсации в одном из каналов эха приведена на рис. 1. На этом рисунке переменная $\hat{D}_k$ обозначает оценку

задержки в $k-$канале эха, $\hat{a}_k -$ (оценка затухания в канале), $L-$ порядок фильтра. Таким образом, формируется сигнал $u(n)$ из опорного сигнала $u_g(n)$, который подается на вход адаптивного фильтра, при этом в нем учтены оценки долговременных параметров a_k и D_k, порядок адаптивного фильтра L. В этом случае $u(n)$ имеет вид $u(n)=\hat{a}_k u_g(n-\hat{D}_k+L/2)$.

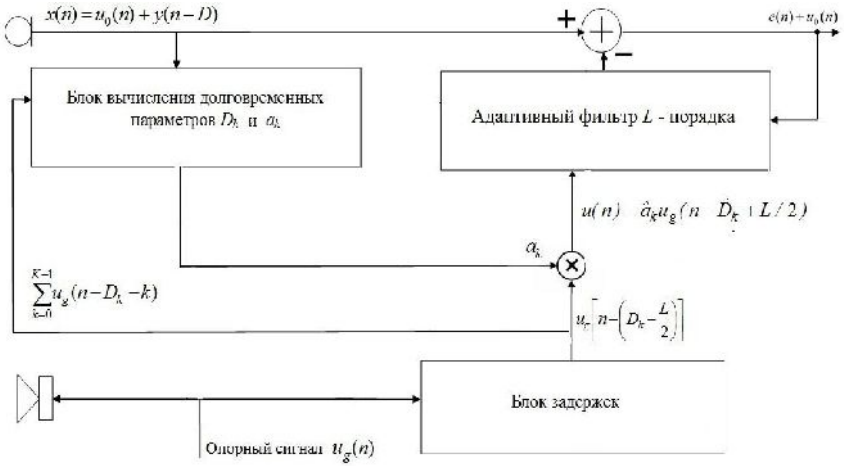


Рис.1. Схема адаптивной компенсации в одном канале эха.

Эхо-сигнал на микрофонном входе имеет вид

$$x(n)=u_0(n)+y(n),$$

где, кроме полезного информационного сигнала $u_0(n)$ имеются составляющие эха из каналов с другими значениями задержки, при этом $y(n)$ обозначает только компенсируемую составляющую, которую можно представить в виде [1]

$$y(n)=a_k u_g(n-D_k).$$

Здесь D_k и $a_k -$ соответственно задержка и затухание в $k-$канале эха.

Оценка этой составляющей, формируемой устройством адаптации, представлена на рис. 1 символом $\hat{y}(n)$, где $\hat{y}(n)=a_k u_g(n-D_k)*h_k(n)$, $h_k(n)-$ импульсная функция канала.

Ошибка оценивания

$$e(n)=y(n)-\hat{y}(n).$$

Выходной сигнал схемы сравнения $x(n)-\hat{y}(n)$, усредненный по множеству реализацией, равняется

$$E\left(x(n)-\hat{y}(n)\right)^2 = E\left(u_0(n)+y(n)-\hat{y}(n)\right)^2. \qquad (1)$$

Здесь $E-$ символ математического ожидания.

Если учесть, что $u_0(n)$ и $y(n)-\hat{y}(n)$ являются некоррелированными, то выражение (1) можно представить в виде

$$E\left(u_0(n)+y(n)-\hat{y}(n)\right)^2 = E\left(u_0^2\right)+E\left(y(n)-\hat{y}(n)\right)^2 \quad ,$$ откуда следует, что минимальное значения ошибки $e(n)$ достигается при условии

$$y(n)\approx\hat{y}(n).$$

Сигнал на выходе адаптивного фильтра может быть представлен в виде

$$\hat{y}(n)=\sum_{l=0}^{L}u(n+l)h_l(n)=\mathbf{u}^T(n)\mathbf{h}(n),$$

где $\mathbf{h}(n)=\begin{pmatrix}h_0(n)\\h_1(n)\\\\h_L(n)\end{pmatrix}$ и $\mathbf{u}(n)=\begin{pmatrix}u(n)\\u(n-1)\\\\u(n-L)\end{pmatrix}$ – векторы коэффициентов адаптивного фильтра и выборок опорного сигнала $u(n)$, соответственно.

Ошибку обучения можно записать в виде

$$e(n)=x(n)-\mathbf{h}^T(n)\mathbf{u}(n).$$

Следует отметить, что градиент этой ошибки по вектору коэффициентов равен

$$\nabla_h e(n)=-\mathbf{u}(n).$$

В рамках метода наименьших квадратов настройка коэффициентов адаптивного фильтра осуществляется из условия минимума функции потерь

$$Q(n)=\frac{1}{M+1}\sum_{l=0}^{M}\lambda^{2l}e^2(n-l)=$$

$$=\frac{1}{M+1}\sum_{l=0}^{M}\left(\lambda^l x(n-l)-\lambda^l\mathbf{h}^T(n)\mathbf{u}(n-l)\right)^2=$$

$$=\frac{1}{M+1}\left(\mathbf{x}(n)-\mathbf{U}^T(n)\mathbf{h}(n)\right)^T\left(\mathbf{x}(n)-\mathbf{U}^T(n)\mathbf{h}(n)\right), \qquad (2)$$

где параметр λ берется из интервала $0 < \lambda \le 1$, вектор

$$\mathbf{x}(n) = \begin{pmatrix} \lambda^0 x(n) \\ \lambda^1 x(n-1) \\ \\ \lambda^M x(n-M) \end{pmatrix},$$

а матрица $\mathbf{U}(n) = \begin{pmatrix} \lambda^0 \mathbf{u}(n) & \lambda^1 \mathbf{u}(n-1) & \lambda^M \mathbf{u}(n-M) \end{pmatrix}$.

В этих обозначениях минимизация функции потерь (2) приводит к решению, имеющему вид

$$\hat{\mathbf{h}}(n) = \left(\mathbf{U}(n)\mathbf{U}^T(n)\right)^{-1}\mathbf{U}(n)\mathbf{x}(n). \qquad (3)$$

Уравнение (3) при значениях $M = L$ и $\lambda = 1$ – это уравнение фильтра Винера, определяющее стационарное решение, которое используется при оценке эффективности адаптивных фильтров [1].

Алгоритм адаптации, основанный на функции потерь (2), можно получить, если воспользоваться методом Ньютона [3].

Учитывая, что градиент функции (2) равен

$$\nabla_h Q(n) = \frac{-2}{M+1}\mathbf{U}(n)\left(\mathbf{x}(n) - \mathbf{U}^T(n)\mathbf{h}(n)\right),$$

а матрица Гессе –

$$H_Q(n) = \frac{2}{M+1}\mathbf{U}(n)\mathbf{U}^T(n),$$

искомое уравнение можно записать в виде

$$\mathbf{h}(n+1) = \mathbf{h}(n) + \alpha\left(\mathbf{U}(n)\mathbf{U}^T(n)\right)^{-1}\mathbf{U}(n)\mathbf{e}(n). \qquad (4)$$

Здесь коэффициент α выбирается из интервала (0,1], а вектор ошибок задается выражением

$$\mathbf{e}(n) = \mathbf{x}(n) - \mathbf{U}^T(n)\mathbf{h}(n).$$

Следует отметить, что матрица произведения $\mathbf{U}(n)\mathbf{U}^T(n)$ размерности $(L+1)\times(L+1)$ является матрицей Грама. Ее компонентами являются скалярные произведения строк матрицы $\mathbf{U}(n)$, размерностью $M+1$. Это означает, что при значении $M < L$ матрица $\mathbf{U}(n)\mathbf{U}^T(n)$ является вырожденной, что исключает возможность применения уравнения (4). В дальнейшем принимается, что $M \ge L$.

При моделировании эхо-сигнал был представлен суммой трех задержанных копий опорного речевого сигнала с задержками в каналах распро-

странения 120, 240 и 360 мс и коэффициентами затухания 0,7, 0,5 и 0,3, соответственно.

Приведенные ниже результаты получены с применением трех адаптивных фильтров 128 порядка. При этом в качестве ошибки при их обучении использовалась суммарная ошибка, заданная выражением

$$e(n) = x(n) - \sum_{k=1}^{r} \mathbf{h}_k^T(n)\mathbf{u}_k(n),$$

где суммирование осуществляется по коэффициентам всех r адаптивных фильтров (в данном случае $r = 3$).

Моделирование осуществлялось как по формуле (4), так и по ее модификации, полученной из функции потерь

$$Q(n) = \frac{1}{M+1}\sum_{l=0}^{M} \lambda^{2l} e^2(n-l).$$

2. Результаты моделирования алгоритма компенсации

Результаты настройки коэффициентов фильтров представлены обучающей кривой, приведенной на рис. 2 для размера вектора ошибок $M = 200$. На рис. 2 приведена зависимость отношения ошибки компенсации эха к его максимальному значению на интервале обучения от номера итерации (номера выборки). На рис. 3 и 4 показаны исходный речевой сигнал на фоне эха и восстановленный речевой сигнал.

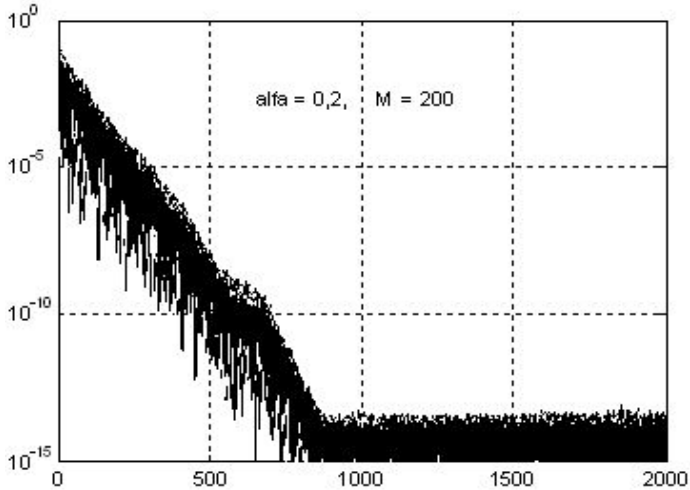


Рис.2. Зависимость настройки коэффициентов фильтров от номера итерации.

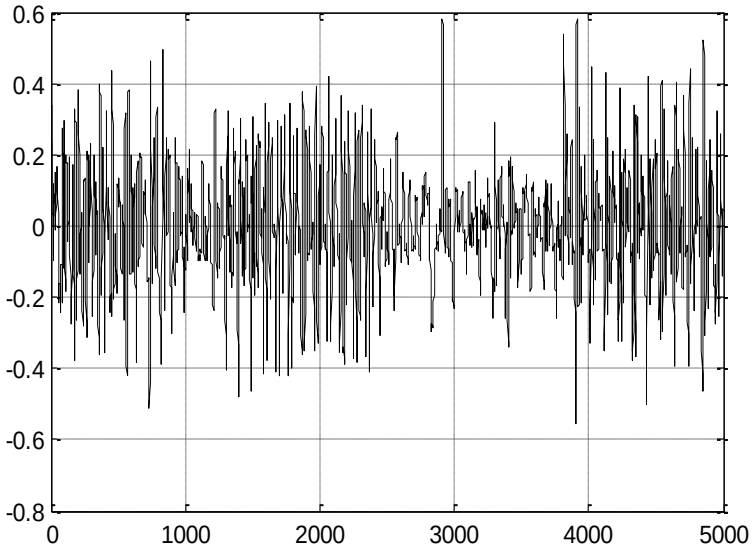


Рис.3. Фрагмент исходного сигнала на фоне эха.

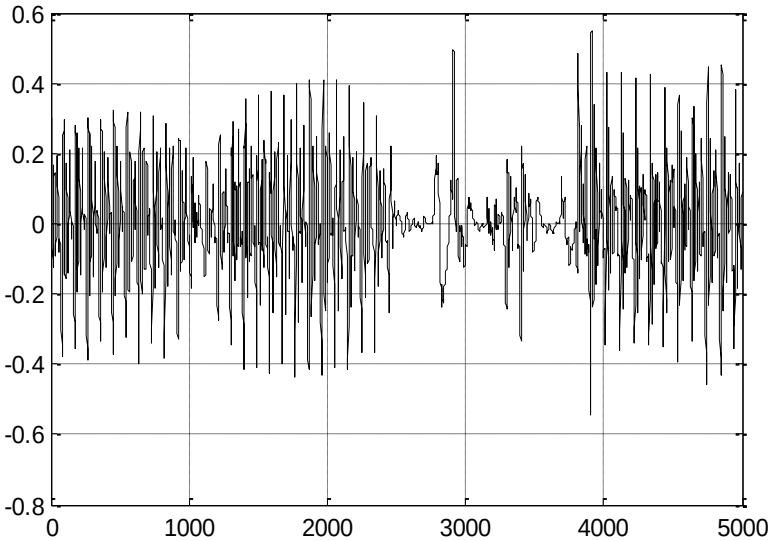


Рис.4. Фрагмент восстановленного сигнала после компенсации эха.

Моделирование алгоритма компенсации эха с учетом значимых каналов задержки показало его высокую скорость сходимости. Также моделирование показало, что по уровню компенсации и скорости настройки этот алгоритм имеет лучшие характеристики, чем, например, градиентный алгоритм наискорейшего спуска [3, 8].

Библиографический список

1. Кропотов Ю.А. О корреляционном оценивании параметров моделей акустических эхо-сигналов // В.А. Ермолаев, Ю.А. Кропотов / Вопросы радиоэлектроники, серия ОТ, 2010. - №1. - С. 46 - 50.

2. B. Widrow and S. D. Stearns. Adaptive Signal Processing. New Jersey: Prentice-Hall, Inc., 1985. 440 p.

3. Breining, C. and et al. Acoustic echo control: An application of very-high-order adaptive filters. IEEE Signal Processing Magazine, 1999, No. 7, pp. 42 – 69.

4. Cohen I., Benesty J., Cannot S. Speech processing in modern communication. Berlin Heidelberg: Springer, 2010. 342 p.

5. Быков А.А., Кропотов Ю.А. Аппроксимация закона распределения вероятности отсчетов сигналов акустических помех / Радиотехнические и телекоммуникационные системы, 2011.-№ 2.- С.61-63.

6. Белов А.А., Кропотов Ю.А., Проскуряков А.Ю. Вопросы обработки экспериментальных временных рядов в электронной системе автоматизированного контроля / Вопросы радиоэлектроники, 2010. - Т. 1. - № 1. - С. 95-101.

7. Кропотов Ю.А., Быков А.А. Алгоритм подавления акустических шумов и сосредоточенных помех с формантным распределением полос режекции / Вопросы радиоэлектроники, 2010. - Т. 1. - № 1. - С. 60-65.

8. Быков А.А., Кропотов Ю.А. Модель закона распределения вероятности амплитуд сигналов в базисе экспоненциальных функций системы / Проектирование и технология электронных средств, 2007. - № 2. - С. 30-34.

METHOD OF ADAPTIVE COMPENSATION OF ECHO-SIGNALS IN SYSTEMS OF TELECOMMUNICATIONS AUDIO EXCHANGE

Abstract. The method of adaptive compensation of echoes in the range of significant delay values of telecommunication systems of loudspeaker communication is investigated. It is shown that it is possible to ensure a high rate of convergence and a high degree of echo cancellation in the formation of adaptive filtering in a localized neighborhood of delays.

Keywords. Telecommunication systems, speakerphone, algorithms compensation, echoes, multichannel algorithm.

УДК 004.042

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ В ЗАДАЧАХ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ

© А.Ю. Проскуряков

Муромский институт (филиал) ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», Муром, Россия
e-mail: alexander.prosk.murom@gmail.com

Аннотация. Рассмотрены алгоритмы прогнозирования изменений параметров непрерывных функций и временных рядов, имеющих место на интервале, называемом горизонт предсказания. Показаны ограниченные возможности методов декомпозиции эмпирических процессов и методы параметрического прогнозирования, основанные на представлении временного ряда обобщённым многочленом по системе линейно независимых функций. Рассмотрены алгоритмы прогноза, основанные на моделях авторегрессии. Рассмотрены вопросы нахождения оценок прогноза посредством минимизации функции потерь – квадрата нормы отклонения оценок от наблюдаемых значений временного ряда. Исследован метод обобщения алгоритма прогноза с помощью линейной модели, представленной функциональными рядами или ИНС. Представлена система прогнозирования с помощью ИНС.

Ключевые слова. Прогнозирование; параметрическое предсказание; авторегрессия, функциональный ряд, нейронная сеть, временной ряд, трехслойный персептрон прямого распространения.

Задача прогнозирования заключается в нахождении будущих значений параметров временного ряда или непрерывного процесса на интервале, называемом горизонтом предсказания [1, 2], в пределах которого обеспечивается необходимая точность решения задачи. Для непрерывных процессов – это интервал $(t,\ t+\tau]$, который для временного ряда, записывается как $(n,\ n+N]$. Здесь t и nT – текущие моменты времени, при этом T – период дискретизации. Прогнозирование обычно осуществляется по значениям временного ряда или процесса на конечном, предшествующем, интервале $[t-T,\ t]$ времени.

Горизонт предсказания является не только одной из важнейших мер

качества предсказуемости, но и используется в качестве критерия степени детерминированности и случайности наблюдаемых явлений, служит характеристикой динамического хаоса (характеристикой хаотических колебаний в динамических системах). В основе этого утверждения лежит зависимость горизонта предсказания не только от используемых алгоритмов, но и от свойств анализируемых временных рядов и процессов. В задачах прогнозирования выбор алгоритма осуществляется исходя из соображений максимизации горизонта предсказания. Один из принципов прогнозирования временных рядов или процессов основывается на их представлении непрерывными или дискретными моделями. В работах [1, 2] модель схематически описывается дифференциальным уравнением, зависящим от неизвестных параметров системы *a* и факторов f_k, отражающих неопределённость модели. При этом в рассмотрение вводятся три процесса: наблюдаемый процесс *y*, исследуемый (истинный) процесс *x* и модельный (прогностический) процесс *z*. Истинный процесс в силу неопределенности факторов f_k является (из множества возможных) неизвестным решением дифференциального уравнения

$$P(d/dt, x, a, f_k) = 0.$$

Пренебрежение указанными факторами позволяет получить дифференциальное уравнение, описывающее модельный процесс *z*, при соответствующих условиях близкий к истинному процессу *x*. Это уравнение можно записать в виде

$$G(d/dt, z, a) = 0.$$

Здесь критерием качества прогнозирования может является среднеквадратическое значение нормы отклонения модельного процесса по факторам f_k от истинного на интервале предсказания, то есть величина [1]

$$\left\langle \left\| x - z \right\|^2 \right\rangle = \frac{1}{M} \sum_{k=1}^{M} \int_{t}^{t+\tau} \left| x(v, f_k) - z(v) \right|^2 dv.$$

Аналогично определяется качество предсказуемости дискретных процессов или временных рядов, представленных дискретными моделями, которые, в частности, могут быть получены из непрерывных моделей путём замены производных конечными разностями. При этом операция интегрирования заменяется операцией суммирования по конечному на интервале прогнозирования множеству данных. Переход к дискретной модели

эквивалентен численному решению дифференциального уравнения со свойственными этому решению проблемами чувствительности к возмущающим воздействиям.

На практике построение моделей основывается на данных о соответствующих наблюдаемых процессах: модели могут относиться к классам линейных дискретных [3] и регрессионных [4] систем.

Распространенными методами прогнозирования являются параметрические методы регрессионной аппроксимации [4], динамические модели авторегрессии – скользящего среднего или скользящего среднего [3], методы импульсных функций [7] и искусственные нейронные сети [9, 10]. Решение задачи прогнозирования осуществляется не только в дискретном, но и в непрерывном времени [9].

1. Нейросетевые методы прогнозирования

Горизонт предсказания любой модели прогноза зависит от того, насколько точно эта модель воспроизводит динамику временного ряда или системы, порождающей наблюдаемый процесс. В этой связи возникает вопрос о горизонте предсказания моделей в форме искусственных нейронных сетей прямого распространения. Проблема здесь заключается в том, насколько точно динамика процесса может быть представлена весовыми коэффициентами сети. В этом случае отсутствие обратных связей компенсируется алгоритмами обучения типа обратного распространения ошибки. Алгоритм функционирования многослойной нейронной сети прямого распространения при прохождении сигналов по направлению от входа к выходу зададим уравнениями в матричной форме. Введем вектор выходов j – слоя сети, состоящего из p_j нейронов,

$$\mathbf{y}_j = \left(y_{j,1}, y_{j,2}, \cdots, y_{j,p_j}\right)^T, \tag{1.1}$$

и вектор весовых коэффициентов l – нейрона в j – слое сети

$$\mathbf{w}_{j,l} = \left(w_{j,1}, w_{j,2}, \cdots, w_{j,p_j}\right)^T. \tag{1.2}$$

Тогда синаптическая сумма l – нейрона в j – слое сети

$$s_{j,l} = \mathbf{w}_{j,l}^T \mathbf{y}_{j-1} + w_{j,l,0}, \tag{1.3}$$

где $w_{j,l,0}$ - смещение нейрона.

При этом выходы j – слоя сети можно представить вектором

$$\mathbf{y}_j = \begin{pmatrix} (\mathbf{w}_{j,1}^T \mathbf{y}_{j-1} + w_{j,1,0}) \\ (\mathbf{w}_{j,2}^T \mathbf{y}_{j-1} + w_{j,2,0}) \\ \vdots \\ (\mathbf{w}_{j,p_j}^T \mathbf{y}_{j-1} + w_{j,p_j,0}) \end{pmatrix}, \quad (1.4)$$

где $\varphi(\cdot)$ – функция активации нейронов сети.

Формула (1.4) является рекуррентным уравнением, позволяющим найти последовательно выходы всех слоёв сети, начиная с первого слоя, j=1, и кончая последним слоем, совпадающим с выходом сети. Вектор $\mathbf{y}_0$ при этом – это известный выход сенсорного слоя сети.

При решении задач прогноза выходами сети в пределах одного цикла её функционирования являются результаты предсказания временного ряда или процесса на заданное число шагов вперёд, начиная с 1 и кончая $p_{вых.сл.}$(число нейронов в выходном слое сети).

Алгоритм обучения нейронной сети методом обратного распространения ошибки также можно представить уравнениями в матричной форме.

Введём матрицу весов j – слоя сети

$$\mathbf{W}_j = (\mathbf{w}_{j,1}, \mathbf{w}_{j,2}, \cdots, \mathbf{w}_{j,p_j}), \quad (1.5)$$

вектор смещения нейронов j – слоя

$$\mathbf{w}_{j,0} = (w_{j,1,0}, w_{j,2,0}, \cdots, w_{j,p_j,0})^T, \quad (1.6)$$

вектор синаптических сумм

$$\mathbf{s}_j = (s_{j,1}, s_{j,2}, \cdots, s_{j,p_j})^T, \quad (1.7)$$

и векторную функцию активации j – слоя

$$\boldsymbol{\varphi}(\mathbf{s}_j) = (\ (s_{j,1}),\ \ (s_{j,2}), \cdots,\ \ (s_{j,p_j}))^T. \quad (1.8)$$

Весовые коэффициенты j – слоя сети находятся при этом в ходе минимизации функционала

$$J_j(\mathbf{e}_j) = (\boldsymbol{\varphi}(\mathbf{s}_j) - \overline{\mathbf{y}}_j)^T (\boldsymbol{\varphi}(\mathbf{s}_j) - \overline{\mathbf{y}}_j), \quad (1.9)$$

где φ - $\bar{\mathbf{y}}_j = \left(\bar{y}_{j,1}, \bar{y}_{j,2}, \cdots, \bar{y}_{j,p_j}\right)^T$ вектор требуемых выходов j – слоя сети и $\boldsymbol{\varphi}(\mathbf{s}_j) - \bar{\mathbf{y}}_j = \mathbf{e}_j$ - вектор ошибок по выходам j–слоя.

Если ввести матрицы

$$W_j = \frac{\partial \mathbf{s}_j^T}{\partial \mathbf{y}_{j-1}}, \tag{1.10}$$

$$\boldsymbol{\Phi}_j = \frac{\partial \boldsymbol{\varphi}^T(\mathbf{s}_j)}{\partial \mathbf{s}_j} = \mathrm{diag}\left(\frac{\partial\ (s_{j,1})}{\partial s_{j,1}}, \frac{\partial\ (s_{j,2})}{\partial s_{j,2}}, \cdots, \frac{\partial\ (s_{j,p_j})}{\partial s_{j,p_j}}\right),$$

то алгоритм обучения методом обратного распространения ошибки принимает вид разностного уравнения

$$\mathbf{e}_{j-1} = \mathbf{W}_j \boldsymbol{\Phi}_j \mathbf{e}_j, \tag{1.11}$$

с начальными условиями $\mathbf{e}_j = \boldsymbol{\varphi}(\mathbf{s}_j) - \bar{\mathbf{y}}_j$, при j=$j_{вых.сл.}$(номер выходного слоя сети), $\bar{\mathbf{y}}_j$ – вектор требуемых выходов j-го слоя сети.

Коррекция весовых коэффициентов сети по ошибкам, полученным с помощью уравнения (1.11), осуществляется, если воспользоваться градиентным методом, по итерационным формулам

$$\mathbf{w}_{j,l}(k+1) = \mathbf{w}_{j,l}(k) - \alpha h_{j,l}(s_{j,l}) e_{j,l} \mathbf{y}_{j-1},$$

$$\mathbf{w}_{j,0}(k+1) = \mathbf{w}_{j,0}(k) - \alpha \boldsymbol{\Phi}_j \mathbf{e}_j, \tag{1.12}$$

$$h_{j,l}(s_{j,l}) = \frac{\partial\ (s_{jl})}{\partial s_{jl}},$$

где $l = 1,2,\ldots, p_j$, $e_{j,l}$ является l – компонентом вектора $\mathbf{e}_j$ ошибки, шаг настройки весовых коэффициентов α выбирается в диапазоне $0<\alpha<1$.

Таким образом алгоритм (1.1 ÷ 1.12) обучения нейронной сети при прогнозировании изменения значений функции, реализуемый нейронной сетью прямого распространения, построенной по правилу многослойного персептрона, сводится в таблицу 1 [9].

Таблица 1. Алгоритм обучения многослойного персептрона прямого распространения

Этап обучения	Алгоритм
Определение выходов (прямой проход)	$\mathbf{y}_j = \begin{pmatrix} (\mathbf{w}_{j1}^T \mathbf{y}_{j-1} + w_{01}^j) \\ (\mathbf{w}_{j2}^T \mathbf{y}_{j-1} + w_{02}^j) \\ \vdots \\ (\mathbf{w}_{jp_j}^T \mathbf{y}_{j-1} + w_{0p_j}^j) \end{pmatrix}, \quad j = 1,2,...; \quad y_0 = C_m.$
Определение ошибок (обратный проход)	$\mathbf{e}_{j-1} = \mathbf{W}_j \mathbf{\Phi}_j \mathbf{e}_j, e_j = (s_j) - \overline{y_j},$ $s_j = \mathbf{W}_j^T y_{j-1} + w_{j0} = (s_{j1}, s_{j2},..., s_{jp_j})^T,$ где $\mathbf{W}_j = (w_{j1}\ w_{j2}\ ...\ w_{jp_j})$ - матрица весовых синаптических коэффициентов.
Коррекция синаптических коэффициентов	$w_{jl}(k+1) = w_{jl}(k) - \alpha\ h_{jl}(s_{jl}) e_{jl} y_{j-1},$ $w_{j0}(k+1) = w_{j0}(k) - \alpha\ \Phi_j e_j,$ $\mathbf{\Phi}_j \equiv diag\left(\frac{\partial\ (s_{j1})}{\partial s_{j,1}} \quad \frac{\partial\ (s_{j2})}{\partial s_{j,2}} \quad ... \quad \frac{\partial\ (s_{jp_j})}{\partial s_{j,p_j}} \right) = \frac{\partial\ ^T (s_j)}{\partial s_j}$ $h_{jl}(s_{jl}) = \frac{\partial\ (s_{jl})}{\partial s_{jl}},$ α – шаг настройки, выбирается в диапазоне $0 < \alpha < 1.$

2. Структура прогнозирования на трехслойном персептроне

Структурная схема, реализующая нейросетевое прогнозирование изменений значений параметров функции с её предварительной вейвлет-обработкой, представлена на рис. 1 [12].

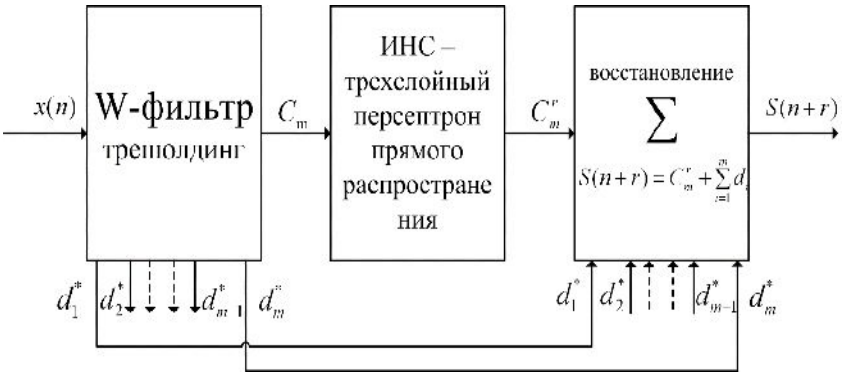


Рис. 1. Структурная схема нейросетевого прогнозирования изменений значений функции

Как видно из рис.1, система прогнозирования, реализованная на трехслойном персептроне прямого распространения, используется применительно к задаче мониторинга информации в финансовых системах, которая формирует временной ряд *x(n)* отсчетов значений экономических параметров. Аналогично могут быть исследованы непрерывные функции, либо временные ряды данных, отображающие информацию изменения параметров различных процессов для решения задач прогнозирования в экономических системах.

Входные сигналы в виде непрерывной функции *x(t)* или временного ряда *x(n)* подаются на W-фильтр предварительной обработки вейвлет-преобразованием. В W-фильтре формируются аппроксимирующие коэффициенты $C_{i,}$ вычисленные по формуле $C_i = \frac{1}{p} C_{i-1} \varphi_i(2^i t - n),$ где $\varphi_i(2^i t - n)$ - скейлинг-функция, и детализирующие коэффициенты d_i, *i*-ого уровня вейвлет-разложения, вычисленные по формулам $d_1 = \frac{1}{p} x(n) \psi_1(2t - n),\ d_i = \frac{1}{p} \sum_{i=2}^{m} C_{i-1} \psi_i(2^i t - n)$, где $\psi_i(2^i t - n)$ - вейвлет-функция [8,14,15].

Выделенные аппроксимирующие коэффициенты C_i до уровня $i=m$, где $1 \le m \le 6$ [7, 13], подаются на вход *N*-разрядного регистра сдвига, построенного на элементах задержки с передаточной функцией Z^{-1}, в котором формируется выборка входных сигналов нейронной сети в виде движущегося окна данных из *N* отсчетов, обработанных в W-фильтре. В нейронной сети, построенной по правилу многослойного персептрона прямого распространения вычисляются выходные сигналы в виде аппроксимирующих коэффициентов

прогноза C_m^{*r}, где *r*- число периодов прогноза (*r*=1,2…,10).

Многослойный персептрон состоит из входного слоя, *j*-внутренних слоев, где $j \in \{0,\ 1\}$, и выходного слоя. При *j*=1, структурная схема персептрона представляет собой трехслойный персептрон. Увеличение числа слоев, т.е. *j*>1, в персептроне приводит к увеличению вычислительных затрат при незначительном уменьшении погрешности [10,13].

Число нейронов во входном слое персептрона влияет на число анализируемых входных аппроксимирующих коэффициентов временного ряда $C_m(n)$, соответственно на время анализа предыдущих значений отсчетов исследуемой функции, на длительность движущегося окна, на число разрядов во входном регистре сдвига, на общую погрешность прогнозирования. В соответствии с [10] погрешность прогноза на $r = 10T$ достигает $\overline{|\delta|} \le 5\%$, при числе нейронов во входном слое $p_{вх}$=64, внутреннем слое $p_{внутр.}$=10, выходном слое $p_{вых.}$=10. При уменьшении числа нейронов во входном слое до $p_{вх}$=32, погрешность повышается до $\overline{|\delta|} \le (7 \div 10)\%$ [13].

Число нейронов внутреннего слоя $p_{внутр.}$ и число нейронов выходного слоя $p_{вых.}$ определяется числом периодов прогноза *r* и, соответственно, подчиняется условию $p_{внутр.} = p_{вых.} = r_{max}$.

Полученные аппроксимирующие коэффициенты прогноза C_m^{*r}, с учетом необходимых для разных выходов нейронной сети задержек, сравниваются с входными значениями C_m на входе регистра, что обеспечивает формирование ошибок предсказаний e^{*r} на всех *r* выходах нейронов выходного слоя нейронной сети. При этом формализуем процедуру вычисления нейронной сетью аппроксимирующих коэффициентов прогноза, вычисление ошибок на выходах нейронов каждого из слоев, а также процедуру адаптивной настройки синаптических весовых коэффициентов, для каждого 1-го нейрона в рамках всех слоев нейронной сети.

Аппроксимирующий коэффициент прогноза на один период вычисляется на выходе 1-го нейрона выходного слоя в соответствии с выражением [13]: $C_m^{*1} = y_{31} = \varphi_3(s_{10}) = \dfrac{1}{1+\exp(-s_{10})}$.

На выходе 1-го нейрона выходного (3-его) слоя вычисляется ошибка предсказания на один период - e_{31}^{*1}, по которой вычисляется ошибка на выходе первого нейрона предыдущего второго слоя нейронной сети - e_{21}. Ошибки на выходе 1-ых нейронов 2-го и первого слоев вычисляются в со-

ответствии с выражениями: $e_{21} = \sum_{l=1}^{10} w_{3l} \cdot e_{31}$ $e_{11} = \sum_{l=1}^{64} w_{2l} \cdot e_{21}$. Вычисленные таким образом ошибки обратного прохода, в свою очередь адаптивно перестраивают синаптические коэффициенты связей между нейронами различных слоев. Таким образом, веса 1-х нейронов каждого слоя адаптивно настраиваются в соответствии с выражениями:

$$w'_{31} = w_{31} + \alpha\ e_{31} \frac{d\ _3(s_{10})}{ds_{10}} C_m^{*1},$$

$$w'_{21} = w_{21} + \alpha\ e_{21} \frac{d\ _2(s_{10})}{ds_{10}} y_{21},$$

$$w'_{11} = w_{11} + \alpha\ e_{11} \frac{d\ _1(s_{64})}{ds_{64}} y_{11}.$$

Минимизация ошибки обеспечивается выше рассмотренной итерационной процедурой обучения нейронной сети, в ходе которой осуществляется настройка весовых или синаптических коэффициентов сети. Таким образом, задача предсказания заключается в оценивании будущих значений процесса по имеющимся данным C_m в текущий момент, в настройке значений коэффициентов нейронной сети по критерию минимальной величины ошибки предсказания, в оценивании управляемого объекта, основанных на сравнении выходных сигналов управляемого объекта C_m^{*r} и его модели, в качестве которой используется нейронная сеть.

Детализирующие коэффициенты d_i, вычисленные до уровня m ($d_1, d_2, \ldots, d_m$), после обработки алгоритмом сглаживания, поступают на блоки восстановления выходного временного ряда прогноза. Алгоритм сглаживания детализирующих коэффициентов по критерию адаптивного штрафного порога имеет вид [10, 11]:

$$d_i^* = \begin{cases} d_i, & d_i \geq \beta_0; \\ 0, & d_i < \beta_0, \end{cases}$$

где $\beta_0 = b\sqrt{\sigma^2}$, σ^2 - дисперсия шумовых составляющих во входном сигнале *x(n), b*-коэффициент пропорциональности, $b = \sqrt{2 \ln N}$, N – число периодов анализа.

Выходные сигналы с выходов нейронной сети в виде выходных аппроксимирующих коэффициентов C_m^{*r} (где *r*-номер выхода нейронной сети, в соответствии с числом периодов прогноза $r \in \{1 \div 10\}$) также поступает на *r*-тый блок восстановления выходного временного ряда прогноза. На выходе *r*-блоков восстановления формируется выходные сигналы прогноза в виде временного ряда *s(n+rT)* [10, 11],

$$s(n+r) = \frac{1}{p}\left[\sum_n x(n)\psi_1(2t-n) + \sum_n \sum_{i=2}^{m} C_{i-1} \cdot \psi_i(2^i t - n) + \sum_n C_m^{*r}\right], \quad (2.1)$$

где *rT*-время прогноза.

Также в структурной схеме представлен алгоритм вейвлет обработки временного ряда *x(n)* и алгоритм восстановления выходного сигнала *s(k)* с пониженной погрешностью, в соответствии с выражением восстановления [10, 11].

$$s(n) = \frac{1}{p}\left[\sum_n x(n)\psi_1(2t-n) + \sum_n \sum_{i=2}^{m} C_{i-1} \cdot \psi_i(2^i t - n) + \sum_n C_m\right], \quad (2.2)$$

В полученных выражениях (2.1) и (2.2), благодаря предварительной вейвлет-обработки в W-фильтре, существенно ослабляются флуктуации входного сигнала *x(n)* за счет формирования аппроксимирующих коэффициентов *m*-го уровня C_m и подавляются компоненты шума, имеющие место во входном сигнале, путем обработки детализирующих коэффициентов алгоритмом сглаживания, что заметно снижает погрешность представления информации. Таким образом, получены очищенный от помех обработанный выходной временной ряд в реальном времени и обработанный выходной временной ряд прогноза, которые представляют информацию об экономических показателях финансовой системы в устройствах отображения и в системах принятий решений с более низкой погрешностью.

Разработанные алгоритмы нейросетевого прогнозирования изменения значения функций могут быть реализованы в различных программных средах, таких как: MatLab Neural Network Toolbox, PyBrain, и NeurophStudio.

Ошибки прогноза зависят от того, насколько размеры входного слоя ИНС соответствуют характерной величине интервала временного ряда, по которому можно восстановить его динамику, что подтверждается графиками на рис. 2 [2].

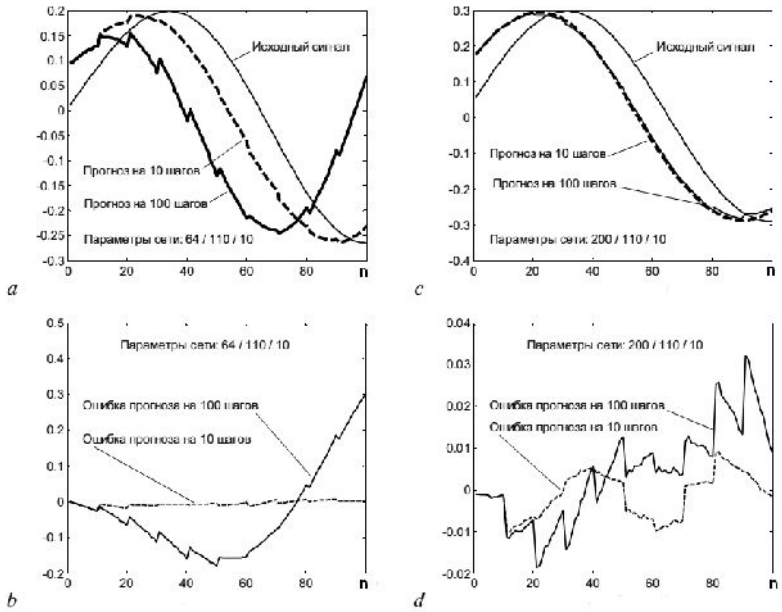


Рис. 2. Результаты и ошибки прогноза при различных размерах сенсорного слоя.

При моделировании, результаты которого приведены рис. 2, в качестве функции активации выбран гиперболический тангенс.

Из рис.2 видно, что увеличение числа сенсорных нейронов способствует увеличению горизонта и точности прогноза. Если для сети с 64-мя сенсорными нейронами горизонт предсказания может быть принят равным в пределах 10÷20 (рис. 2 *a, b*), то в случае 200 сенсорных нейронов (рис. 2 *c, d*), он увеличивается до 100. Можно также отметить, что погрешность прогнозирования зависит не только от числа сенсорных нейронов, но и от длительности движущегося временного окна или почти периода исследования сигнала и числа выборок сигнала на этом периоде.

Существующие методы прогнозирования временных рядов и непрерывных процессов характеризуются большим разнообразием, что в свою очередь, обусловлено большим разнообразием задач. Так, велико число работ по методам прогноза, основанным на идеях декомпозиции процессов по эмпирическим модам (метод EMD) [5]. Однако данный подход применим, как правило, только при условии, что наблюдаемый процесс представлен небольшим числом составляющих.

Метод параметрической регрессии, используемый в ряде задач ап-

проксимации, обладает недостатком, заключающимся в возможности возникновения неконтролируемой ошибки на интервале прогнозирования, особенно при высоком порядке прогнозирующей функции.

Особый интерес в плане прогнозирования связан с представлением временных рядов моделями авторегрессии и нейронными сетями. В работе показано, что в рамках модели авторегрессии прогноз на несколько шагов вперед зависит от коэффициентов модели нелинейным образом. При этом задачу прогноза, состоящую в нахождении коэффициентов модели посредством минимизации целевой функции, можно решить итерационным методом. Поэтому интерес представляют рекуррентные и другие сети с обратными связями. В данной работе рассмотрены искусственные нейронные сети, в частности рассмотрены нейронные сети на персептроне прямого распространения. В работе получены уравнения функционирования и обучения ИНС в матричной форме [18], получен алгоритм обратной подстановки, с помощью которого можно увеличить глубину прогноза. Результаты моделирования показали эффективность разработанных алгоритмов. Результат применения разработанных алгоритмов заключается в повышении эффективности прогнозирования изменений значений функций по критериям длительности и минимизированной погрешности получения прогноза, а также быстродействия, адаптивности системы при изменяющихся условиях. Техническим результатом является также возможность гибкого изменения архитектуры нейронной сети в случае изменения требований на длительность прогноза.

Предложенная структурная схема реализации нейросетевого прогнозирования изменений параметров временных рядов с предварительной вейвлет-обработкой обеспечивает возможность более эффективного мониторинга исследуемых процессов, например, в цифровых информационных или экономических системах управления.

Библиографический список

1. Кравцов, Ю.Н. Случайность, детерминированность, предсказуемость // Успехи физических наук. – 1989. – Т. 158, Вып. 1. – С. 93 – 122.

2. Ермолаев, В.А. О методах прогнозирования временных рядов и непрерывных процессов // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. – 2016. – №2. – С.52-63.

3. Бокс, Дж. Анализ временных рядов. Прогноз и управление. В 2-х выпусках. / Бокс Дж., Дженкинс Г – М.: Мир, 1974. Вып. 1 – 408 С., Вып.2–199 С.

4. Маевский, В.В. Робастность регрессионного прогнозирования при наличии функциональных искажений модели / В.В. Маевский, Ю.С. Харин // АиТ, 2012. – №11, – С. 118 – 137.

5. Huang, N.E. The empirical mode decomposition and the Hilbert

spectrum for nonlinear and non-stationary time series analysis / Huang N.E., Shen Z., Long S.R., Wu M.C., Shin H.H., Zheng Q., Yen N.-C., Tung C.C., Liu H.H. // Proc. R. Soc. Lond. A – 1998, 454. – P. 903 – 995.

6. Ермолаев, В.А. Метод интерполяционной фильтрации в задачах обработки речевых сигналов во временной области / В.А. Ермолаев, О.Е. Карасев, Ю.А. Кропотов // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2008. – № 7. – С. 12 – 17.

7. Кропотов, Ю.А. Об адаптивном алгоритме наименьших квадратов в задачах компенсации акустического эха / Ю.А. Кропотов, В.А. Ермолаев // Радиотехнические и телекоммуникационные системы, 2012. – №2(6). – С. 40-44.

8. Дремин, И.М. Вейвлеты и их использование / И.М. Дремин, О.В. Иванов, В.А. Нечитайло // Успехи физических наук – 2001. – Т. 17, №5. – С. 465-501.

9. Ермолаев, В.А. Нейрокомпьютерные системы. Учебное пособие для студентов образовательной программы 230105.65 Программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем / В.А. Ермолаев, А.Ю. Проскуряков – Муром: Изд.полиграфический центр МИ ВлГУ, 2011. – 120 с.

10. Проскуряков, А.Ю. Модель прогнозирования временных рядов на трехслойном персептроне в информационной системе мониторинга загрязняющих выбросов // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. – 2014. – №2. – С.57-63.

11. Патент на изобретение № 2600099. Способ нейросетевого прогнозирования изменения значений функции с ее предварительной вейвлет-обработкой и устройство его осуществления / А.А. Белов, В.А. Ермолаев, Ю.А. Кропотов, А.Ю. Проскуряков, Заявка № 2015110284/08 (016173) от 23.03.2015. Приоритет изобретения 23 марта 2015 г. Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации от 22 сентября 2016 г.

12. Проскуряков, А.Ю. Алгоритмы автоматизированных систем экологического мониторинга промышленных производств / А.Ю. Проскуряков, А.А. Белов, Ю.А. Кропотов // Монография. М.-Берлин: Директ-Медиа. – 2015. – 121 с.

13. Kropotov, Yu.A. Identification of models for discrete linear systems with variable, slowly varying parameters / Yu.A. Kropotov, V.A. Ermolaev, V.T. Eremenko, O.E. Karasev // Journal of Communications Technology and Electronics. . – 2010. – Vol. 55, Issue 1. – P. 52-57.

14. Белов, А.А. Вопросы обработки экспериментальных временных рядов в электронной системе автоматизированного контроля / А.А. Белов, Ю.А. Кропотов, А.Ю. Проскуряков // Вопросы радиоэлектроники. 2010. Т1., №1. С. 95-101.

15. Кропотов, Ю.А. Алгоритм подавления акустических шумов и сосредоточенных помех с формантным распределением полос режекции / Ю.А. Кропотов, А.А. Быков // Вопросы радиоэлектроники. 2010. Т. 1. №1. С. 60-65.

16. Быков, А.А. Модель закона распределения вероятности амплитуд сигналов в базисе экспоненциальных функций системы / А.А. Быков, Ю.А. Кропотов // Проектирование и технология электронных средств. 2007. № 2. С. 30-34.

17. Кропотов, Ю.А. Алгоритм определения параметров экспоненциальной аппроксимации закона распределения вероятности амплитуд речевого сигнала / Ю.А. Кропотов // Радиотехника. 2007. №6. С. 44-47.

18. A. Proskuryakov. Intelligent System for Time Series Forecasting. XII International Symposium Intelligent Systems 2016, INTELS 2016, 5-7 October 2016, Moscow, Russia. Procedia Computer Science. [http://dx.doi.org/10.1016/j.procs.2017.01.122] Volume 103, 2017, Pages 363–369.

FORECASTING CHANGE OF PARAMETERS OF TIME SERIES IN DIGITAL ECONOMIC PROBLEMS

© A.Y. Proskuryakov

Murom Institute (branch) of Vladimir State University, Murom, Russia
e-mail: alexander.prosk.murom@gmail.com

Abstract. Various classes of algorithms for predicting changes in the parameters of continuous functions and time series that occur in the interval called the prediction horizon are considered. The limited possibilities of methods of decomposition of processes into empirical modes and parametric prediction methods based on the representation of the time series by a generalized polynomial in a system of linearly independent functions are shown. Prognosis algorithms based on autoregression models are obtained. Recurrent equations are obtained that determine the explicit dependence of the estimates of the forecast on the coefficients of the model. The questions of finding estimates of the forecast by minimizing the loss function - the square of the norm of deviation of estimates from the observed values of the time series are considered. The method of generalizing the forecasting algorithm using a linear model represented by functional series or artificial neural network (ANN) is investigated. The system of forecasting with the help of ANN is presented.

Keywords. Forecasting; parametric prediction; autoregression; functional series; neural network; time series; three-layer perceptron of direct propagation.

УДК 621.396.677

ОТРАЖАТЕЛЬНАЯ АНТЕННАЯ РЕШЕТКА К-ДИАПАЗОНА, ВЫПОЛНЕННАЯ МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОЙ РЕЗКИ

© М.Б. Васильев, Л.М. Любина, М.И. Сугак
Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ», Санкт-Петербург, Россия
e-mail: maks_miniedem@mail.ru, invers93@gmail.com, sugakmi@yandex.ru

Аннотация. Представлены результаты проектирования и экспериментального исследования металлической отражательной антенной решётки К-диапазона, построенной на основе крестообразных щелевых гантельных излучателей. Экспериментальный образец, обладает полосой рабочих частот 12% и КНД в 27.6 дБ на средней частоте. Использование средств лазерной резки для изготовления ОАР позволяет уменьшить стоимость и время изготовления, а также улучшить эксплуатационные характеристики по сравнению с печатными аналогами.

Ключевые слова. ОАР, технология лазерной резки, ячейка Флоке, КУ, ДН.

В настоящее время отражательные антенные решетки (ОАР) выполняются в основном средствами фотолитографии [1-5]. Вместе с тем, опыт реальной эксплуатации, необходимость предпринимать серьезные усилия по климатической защищенности раскрыва и минимизации стоимости изготовления ОАР при серийном производстве заставляют искать и другие способы их изготовления, например, фрезерование [6]. По этим же причинам представляет интерес исследование возможности изготовления ОАР средствами лазерной резки. В этом случае можно ожидать существенного снижения стоимости антенн, особенно, если вместо диэлектрической подложки будет использован воздух.

Целью данной работы является исследование возможности изготовления ОАР средствами лазерной резки, электродинамическое и экспериментальное изучение их характеристик.

В этой связи необходимо рассмотрение следующих вопросов:

– выбор типа и подходящей геометрии одиночного элемента, анализ его характеристик. Этот вопрос необходимо рассматривать в тесной связи с особенностями технологии изготовления, что ограничивает рассмотрение сравнительно узким классом щелевых или апертурных элементов;

– исследование влияния периода и толщины структуры на характеристики ОАР, оптимизация коэффициента усиления (КУ) ОАР в рабочей полосе частот.

1. Характеристики элемента в составе бесконечной ОАР.

Выбор типа элемента во многом определяет характеристики ОАР [1-3]. Свойства одиночного элемента определяются его размерами, а также периодом антенной решетки и высотой установки информационного слоя решетки над проводящим экраном. Для линейной поляризации могут использоваться элементы, представленные на рис.1 а,б, а для круговой поляризации элементы, приведенные на рис. 1в-д.

а) б) в) г) д)

Рис. 1 Базовые элементы ОАР, ориентированные на выполнение методом лазерной резки

Основной характеристикой элемента в составе ОАР является зависимость фазы рассеянного поля от его характерных размеров. Так, для обычной и крестообразной формы щелей, регулировка фазы отраженного поля будет осуществляться за счёт изменения длин элементов, для Т-образной и двойной Т-образной щелей – за счет изменения длин элементов и Т-образных емкостных нагрузок, для гантельных щелей – за счет изменения длин элементов и диаметров концевых отверстий.

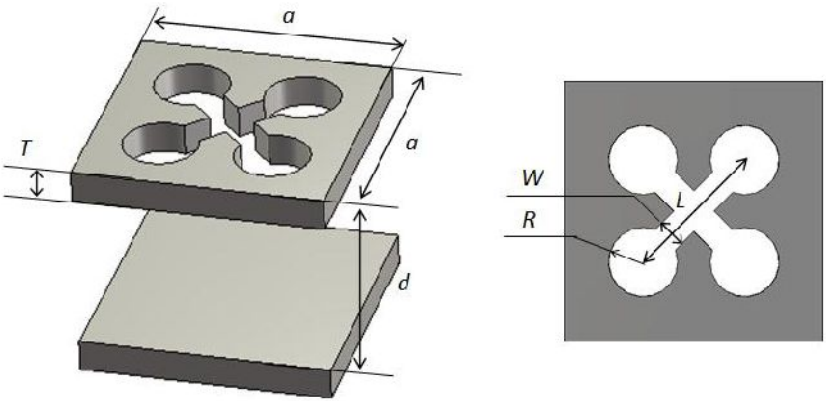
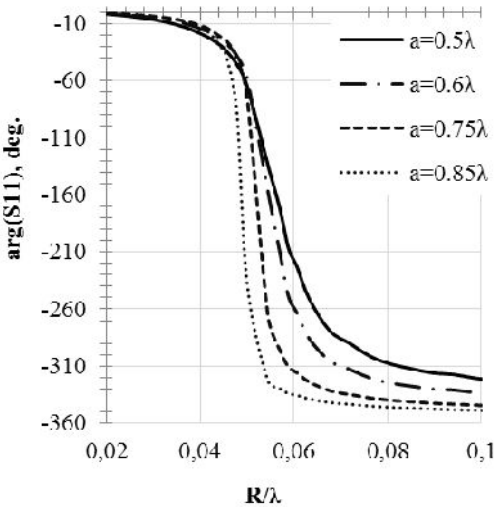


Рис. 2. Геометрия одиночного элемента ОАР

В рамках данной работы в качестве базового элемента исследуемой ОАР был выбран крестообразный щелевой гантельный излучатель (рис.2).

На рисунке 3 а,б представлены зависимости фазы для крестообразного щелевого элемента по рис.2 в составе бесконечной двумерной ОАР от электрического радиуса концевых отверстий *R* при одинаковом периоде решётки в обеих плоскостях *a*, расстоянии до проводящей плоскости *d*, ширине щелей *W*, длине щелей *L* и толщине информационного слоя *T*.

а)



б)

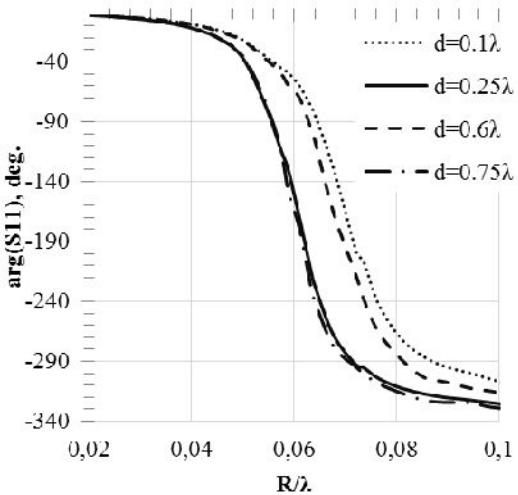


Рис. 3. S-кривые для $T = 1$ мм, $W = 0.074\lambda$, $L = 0.37\lambda$ и а) $d = 0.37\lambda$; *б)* $a = 0.59\lambda$

Как видно из рисунка 3а, диапазон регулировки фазы составляет порядка 350^0, уплотнение решетки делает кривую более пологой, но при этом несколько уменьшает размах S-кривых.

С изменением расстояния до экрана характер кривых несколько меняется. На рисунке 3б приведена зависимость фазы от нормированного радиуса для разных d при фиксированном шаге решётки $a = 0.59\lambda$ (крестообразный гантельный излучатель в составе бесконечной структуры). Видно, что с увеличением расстояния от щелевого элемента до экрана до размеров в 0.5λ, как и в случае с уменьшением шага решётки, S-кривые приобретают более пологий характер, одновременно с уменьшением соответствующего диапазона перестройки фазы. При $0.5\lambda \le d \le 0.75\lambda$, наоборот, с увеличением расстояния до экрана крутизна и диапазон регулировки S-кривых снова начинают возрастать.

Приведенные зависимости позволяют сформулировать следующие выводы по выбору геометрии элемента: $d = 0.735\lambda$, $a = 0.59\lambda$, $W = 0.074\lambda$, $L = 0.37\lambda$. По технологическим соображениям для изготовления экспериментального образца ОАР была выбрана толщина металла информационного слоя $T = 1$ мм (сталь).

Синтез геометрии ОАР выполнялся по стандартной методике, использованной в работах [5, 6], вид макета приведен на рис.4.

Рис. 4. Макет ОАР К-диапазона, выполненной методом лазерной резки

2. Характеристики конечной ОАР

Для экспериментального образца ОАР выбрано фокусное расстояние F/D =1 (144 мм), где D – размер раскрыва ($10\lambda \times 10\lambda$), количество элемен-

тов 18x18.

На рис.5 приведены расчётные нормированные ДН на средней частоте рабочего диапазона (21.7 ГГц), соответствующей максимуму измеренного КНД.

Частотная зависимость КНД исследуемой ОАР представлена на рис.6, относительная полоса рабочих частот по уровню -3 дБ от максимального значения (27.6 дБ) составила 12%.

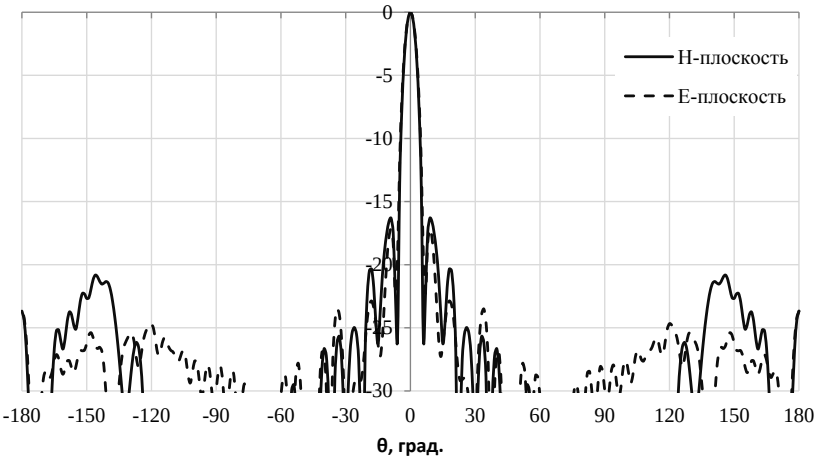


Рис.5 ДН в E- и H-плоскости на 21.7 ГГц

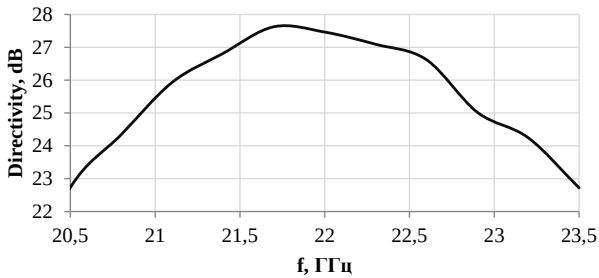


Рис. 6 Экспериментальная частотная зависимость КНД

По результатам исследования можно сформулировать следующие выводы и рекомендации по проектированию однослойных ОАР, ориентированных под изготовление средствами лазерной резки.

Электрические характеристики однослойных ОАР, ориентированных на изготовления их методом лазерной резки вполне конкурентоспособны по отношению к своим печатным аналогам. При этом по сто-

имости, времени изготовления и эксплуатационным характеристикам они существенно выигрывают у печатных антенн. В качестве базовых элементов металлических ОАР целесообразно использовать крестообразные щелевые элементы с круглыми или Т-образными емкостными нагрузками.

Библиографический список

1. Касьянов А.О., Обуховец В.А. Микрополосковые отражательные антенные решетки: методы проектирования и численное моделирование. М.: Радиотехника. – С.239.

2. John Huang, Jose Antonio Encinar. Reflectarray Antennas. New Jersey: A John Wiley & Sons. 2007. P.320

3. Касьянов А.О., Обуховец В.А. Потенциальные возможности и области применения полосковых решеток // Антенны. № 6. 2011. С.3-15.

4. С. В. Балландович, Г. А. Костиков, М. И. Сугак. Печатная двухслойная отражательная антенная решетка мм-диапазона с диаграммой направленности специальной формы // Антенны. № 10. 2012. С. 22-27.

5. Балландович С.В., Сугак М.И., Костиков Г.А. Печатные отражательные антенные решетки с диаграммой направленности специальной формы // Антенны. №6. 2008. С.53-59.

6. Антонов Ю. Г., Балландович С. В., Костиков Г. А., Сугак, М. И. Характеристики плоских отражательных антенных решеток, выполненных на основе фрезерованных композитных панелей // Антенны. №10. 2010. С.5-10.

K-BAND REFLECTARRAY ANTENNA MADE BY MEANS OF LASER CUTTING

© M.B. Vasilyev, L.M. Liubina, M.I. Sugak
Saint Petersburg Electrotechnical University "LETI", Saint Petersburg, Russia
e-mail: maks_miniedem@mail.ru, invers93@gmail.com, sugakmi@yandex.ru

Abstract. The results of designing and experimental investigation of a metal K-band reflectarray antenna constructed on the basis of cruciate dumbbell slot radiators are presented. Experimental prototype bandwidth of operating frequencies is 12% and Directivity is 27.6 dB at working frequency. The use of laser cutting technology allows to reduce the cost and manufacturing time of reflectarray antennas and to improve characteristics in comparison with printed analogues.

Keywords. Reflectarray antenna, laser cutting technology, Floquet cell, gain, radiation pattern.

СЕКЦИЯ №2
МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ И ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ ПО КАНАЛАМ РАДИОСВЯЗИ

УДК 621.391.82

ИНТЕРМОДУЛЯЦИОННЫЕ ИСКАЖЕНИЯ В АНАЛОГОВОМ ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЕ ВЧ ТРАКТА ПРИЕМНИКА

© Лосев А.М.
ПАО «НПО «Алмаз», Москва, Россия
e-mail: wolkn@yandex.ru

Аннотация. Рассмотрены методы измерения интермодуляционных искажений. Приведены результаты экспериментов. Дана сравнительная характеристика рассмотренных методов.

Ключевые слова. Иинтермодуляционные искажения, паразитные спектральные составляющие, аналоговый переключатель.

Построение современных приемных устройств связано с цифровой обработкой сигнала. Но важным узлом является устройство преобразования сигнала из аналогового в цифровой, так как оно определяет такие параметры: чувствительность, динамический диапазон, максимальную полосу частот обрабатываемых сигналов.

Настройка приемного устройства на тот или иной режим работы производится при подаче на его входные элементы команд управления в виде логических уровней или импульсов. Вследствие этого проявляются следующие эффекты, вызываемые командами управления: отклонение формы управляющего импульса от ожидаемого, взаимодействие сигнала и управляющего импульса, задержка сигнала при переходном процессе.

Наличие в линии передачи управляющих сигналов, паразитные емкости, индуктивности, неоднородности сопротивлений линий передачи и воздействие помех от цифровых элементов приводят к искажению формы управляющего импульса. Влияние этих искажающих факторов и методы борьбы с ними неплохо изучены и описаны, но при проектировании не всегда удается это влияние минимизировать. Эти факторы отражаются на параметрах оцифрованного сигнала, поэтому необходимо дополнительно экспериментально исследовать изготовленное устройство.

В качестве входного элемента приемного устройства рассматриваем аналоговый ключ. Определившись со схемой приемной части и выбрав аналоговый ключ, предварительно необходимо оценить режимы работы выбранного элемента, так как от этого могут зависеть предельные характе-

ристики устройства, а при неудачном выборе или при неправильном использовании ограничивать параметры [1] (в основном тракте будут проявляться паразитные спектральные составляющие). Необходимо определить уровень паразитных спектральных составляющих и выработать меры по их минимизации.

Паразитные спектральные составляющие могут появляться при различных воздействиях как от команды управления в виде импульсного выброса, так и из-за нелинейных свойств переключателя (интермодуляционные искажения) или их комбинации [2].

Наглядную оценку интермодуляционных искажений можно получить из графика зависимости сигнала на выходе устройства от входного сигнала и прямой зависимости интермодуляционной помехи третьего порядка от одного из измерительных сигналов при подаче на вход устройства двух сигналов одинакового уровня.

Интермодуляционные искажения можно оценивать как одночастотным, так и двухчастотными методами [3].

При одночастотном методе продуктами нелинейных искажений будут только высшие гармоники. Их амплитуды быстро уменьшаются с увеличением номера, поэтому при оценке нелинейных искажений практически можно пренебречь всеми гармониками выше третьей. Производится несколько измерений, по измеренным значениям строится график рис.1.

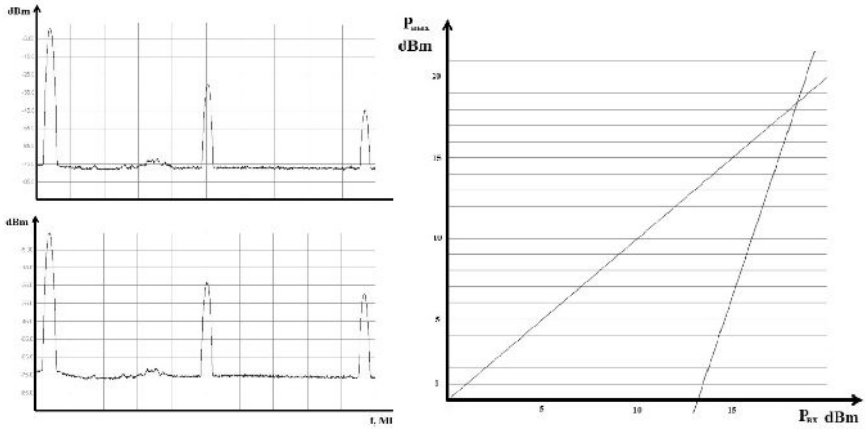


Рис.1 Измерение интермодуляционных искажений
одночастотным методом.

При двухчастотном методе (рис.2) измеряемый сигнал представляет сумму двух гармонических сигналов, частоты которых не кратны между собой. В этом случае продуктами нелинейных искажений будут высшие гармоники исходных частот и сигналы с комбинационными частотами.

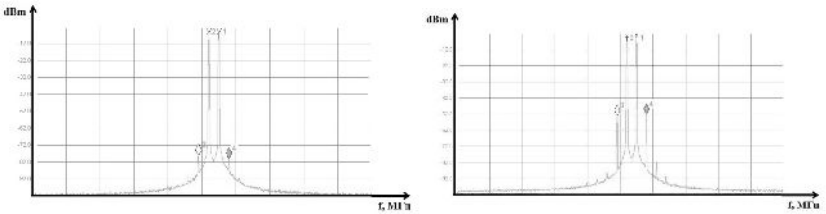


Рис.2 Измерение интермодуляционных искажений
двухчастотным методом.

Интермодуляционные искажения, как правило, оцениваются с помощью двухтонового сигнала, но при анализе высоколинейных элементов измерительная аппаратура не всегда позволяет это сделать напрямую, возникают трудности с методикой измерения, в результате чего измеряются искажения не самого образца, а измерительной или формирующей сигнал аппаратуры.

Аналоговый ключ, работает в динамическом режиме, т.е. в режиме переключения входных сигналов на соответствующие цепи последующей обработки. Сигнал проходит в установившемся режиме, минуя переходной процесс. Но с развитием техники увеличивается скорость передачи информации и на сигнал начинают действовать дополнительные факторы: время установления, переходной процесс ключа. Все это может исказить сигнал.

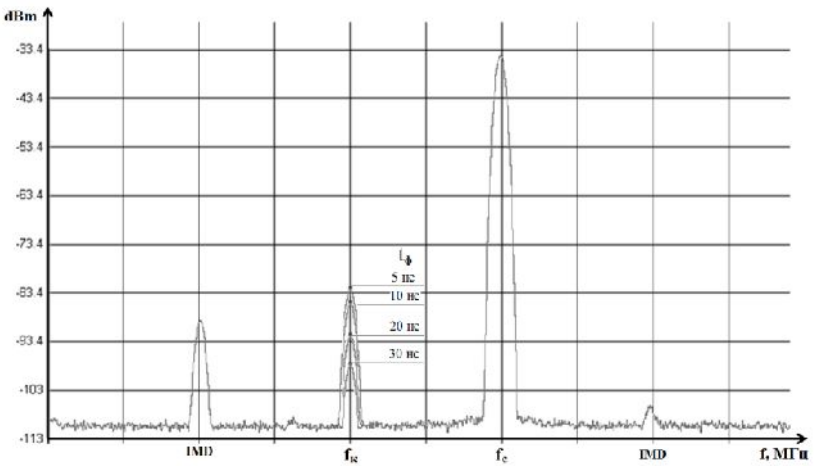


Рис.3 – Уровни интермодуляционных искажений при взаимодействии команды управления и входного сигнала

Управляющий импульс, взаимодействуя с принимаемым сигналом, создаёт интермодуляционные искажения. На рис.3 показаны их уровни. Следует отметить, что гармоническая составляющая команды управления может быть уменьшена путем выбора длительности фронта, в то время как уровень интермодуляционных помех будет уменьшаться незначительно, а их амплитуда определяться линейностью элемента.

Длительность фронта управляющего сигнала также влияет на импульсный выброс от переключения ключа, что отражается на уровне шумов в приемном тракте.

Исследования отечественных и зарубежных ключей показывают схожий характер при взаимодействии сигнала с командой управления. Оценка линейности элемента может быть получена по косвенным измерениям при прямых измерениях таких величин, как коэффициент передачи, уровень импульсного выброса, значение ослабления между каналом управления и основным каналом.

На анализаторе спектра измеряется уровень импульсной помехи от команды переключения (рис.4)

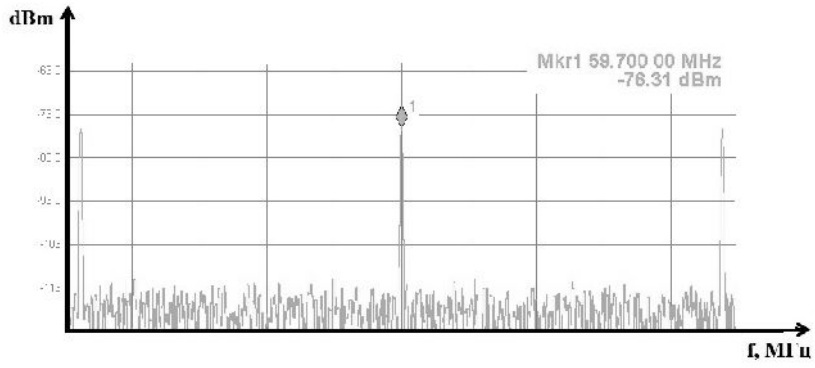


Рис.4 – Спектрограмма импульсной помехи
от команды переключения

На анализаторе цепей измеряется коэффициент передачи в интересующем диапазоне (рис.5)

На анализаторе цепей измеряется коэффициент передачи между каналом управления и основным каналом (рис.6)

Измеренные значения параметров зависят от топологии печатной платы, на которой установлен аналоговый ключ, от параметров подаваемого сигнала и элементов измерительной установки, поэтому в предполагаемую ниже формулу введены поправочные коэффициенты.

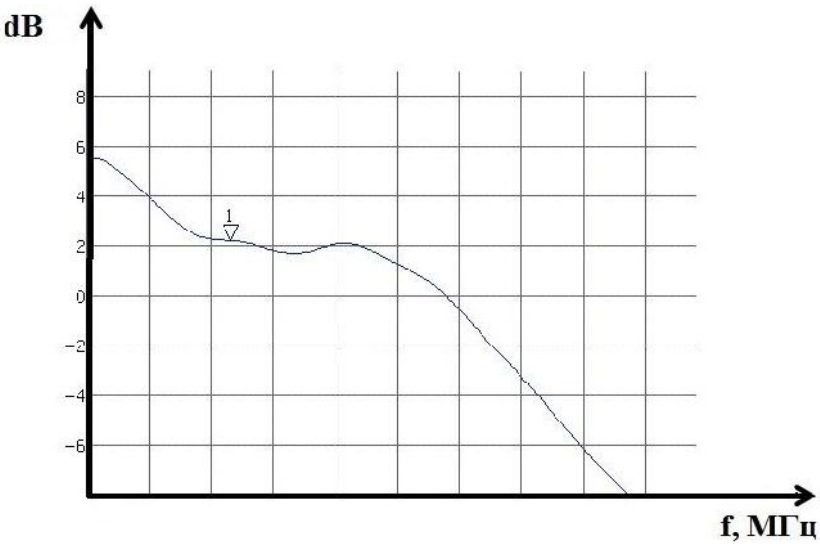


Рис.5 – Коэффициент передачи ключа

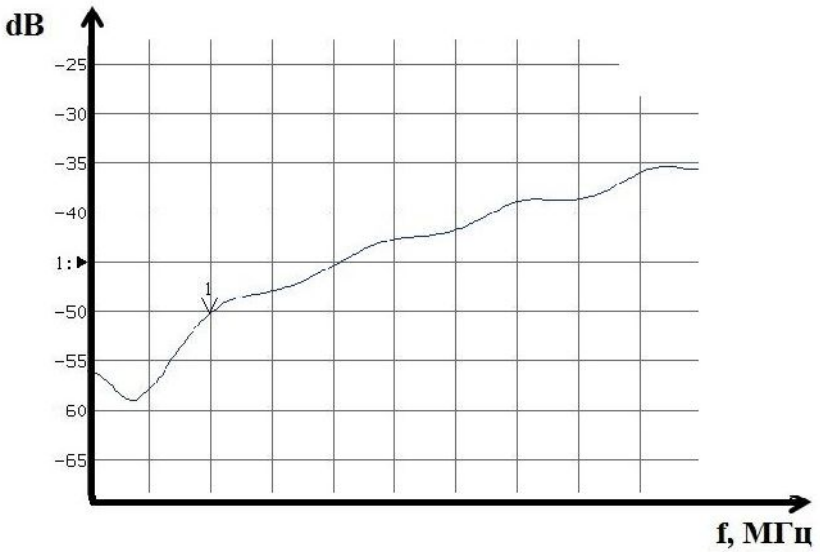


Рис.6 – Коэффициент передачи между каналом управления
и основным каналом

Значение нелинейности ключа определяется по формуле

$$OIP3 = (|K1*Рип + K2*Рпк|)/(2*K3*Кп),$$

где Рип – уровень импульсной помехи, дБ;
Рпк – развязка между каналами (коэффициент передачи между каналом управления и основным каналом), дБ;
Кп – безразмерный, коэффициент передачи,
К1, К2, К3 – поправочные коэффициенты.

Таким образом, рассмотрены методы измерения интермодуляционных искажений аналогового ключа. Отличия между методами составляет 10 – 20 %.

Для уменьшения ошибки при сравнении методов измерения необходимо выбирать одну и ту же длину кабеля измерительной установки. Необходимо обеспечить правильную компоновку элементов согласования и аналогового ключа на печатной плате, управляющие и сигнальные цепи должны быть тщательно защищены или значительно удалены от возможных источников помех.

Библиографический список

1. Палшков В.В. Оптимальные высокочастотные тракты радиоприемников. – М.: Радио и связь, 1981. – 144 с., ил.

2. Бобков А.М. Реальная избирательность радиоприемных трактов в сложной помеховой обстановке. – Санкт-Петербург 2001. – 216 с.

3. Keith Barkley Two-tone IMD measurement techniques. // RF Design, June 2001, pp 36-50.

INTERMODULATION DISTORTIONS IN THE ANALOG SWITCH OF THE HF RECEIVER CHANNEL

© A. Losev
PAO «NPO «Almaz», Moscow, Russia
e-mail: wolkn@yandex.ru

Abstract. Methods for measuring intermodulation distortions are considered. The results of experiments are presented. A performance comparison of the considered methods is given.

Keywords. intermodulation distortions, parasitic spectral components, analog switch.

УДК 621.396.1

ФОРМИРОВАТЕЛЬ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ РАДИОИМПУЛЬСОВ ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ КАНАЛОВ СВЯЗИ

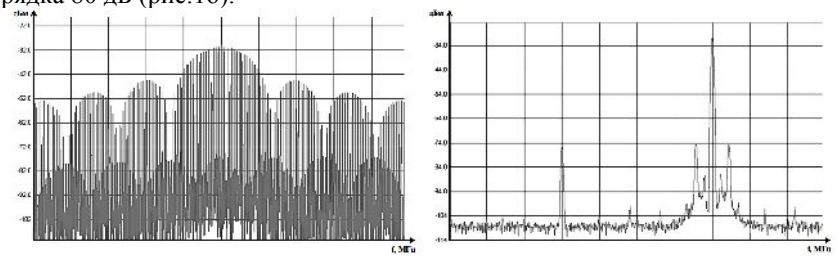
© А.М. Лосев
ПАО «НПО «Алмаз», Москва, Россия
e-mail: wolkn@yandex.ru

Аннотация. Предложена техническая реализация формирователя последовательности радиоимпульсов с большим динамическим диапазоном на отечественной элементной базе. Приведены результаты экспериментального исследования. Даны рекомендации по дальнейшему усовершенствованию формирователя.

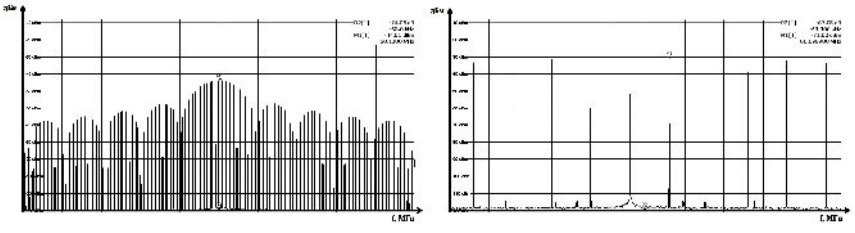
Ключевые слова. Радиоимпульс, длительность фронта, переходной процесс, линейность, интермодуляционные искажения.

В стендовой аппаратуре для проверки приемных устройств многих систем передачи информации необходимо формировать радиоимпульсы с разными значениями амплитуды, длительности фронта без дополнительных модуляций и искажений.

Новейшие измерительные приборы позволяют сформировать последовательность радиоимпульсов. На рис.1 приведены спектрограммы такого радиоимпульса. Полученные результаты создавались приборами, которые есть в наличии в лаборатории, динамический диапазон радиоимпульса составляет порядка 45 дБ (рис.1.а). Видно, что в доплеровском диапазоне при формировании последовательности радиоимпульсов присутствуют побочные спектральные составляющие. Их можно интерпретировать как появление дополнительного сдвига гармоники принимаемого сигнала. Лучшие результаты дает комплекс современных приборов, в котором используется дополнительно программное обеспечение, он позволяет сформировать последовательность радиоимпульсов с динамическим диапазоном порядка 80 дБ (рис.1б).



а



б

Рис.1. Спектрограммы последовательности радиоимпульсов

Кроме того, выбор среди многообразия приборов затруднен тем, что амплитуда таких паразитных составляющих не регламентируются фирмой-производителем приборов. Также существуют проблемы закупки и дальнейшего обслуживания измерительной аппаратуры.

Таким образом, для тестирования и настройки многоканальных приемных устройств с динамическим диапазоном 80 дБ имеющаяся измерительная техника подходит, но для приемных устройств с большим динамическим диапазоном необходимо прибегнуть к дополнительным схемотехническим хитростям. Поэтому целесообразно построить стендовый формирователь последовательности радиоимпульсов.

Рис.2. Блок-схема формирователя последовательности радиоимпульсов

Схемотехническая реализация таких устройств достаточно подробно рассмотрена в литературе [1]. Блок-схема такого формирователя показана на рис.2. Основным элементом этой схемы является аналоговый ключ. В эксперименте выяснилось, что на выходе этого ключа присутствует помеха, вызванная командой управления, даже в отсутствие входного сигнала. Более сложным оказывается помеховые колебания, вызванные нелиней-

ным взаимодействием входного сигнала и командой управления. Генератор несущей частоты выполнен на основе высокочастотного прецизионного кварцевого генератора ГК87-ТС фирмы «Морион», аттенюатор представляет собой набор резисторных широкополосных аттенюаторов Д2-47А, приспособленных для включения в схему. В качестве формирователя команд управления используется генератор специальной формы сигналов.

Сложность моделирования подобных схем заключается в отсутствии информации о реальной структуре микросхем и их переходных процессах на используемой частоте. Необходимые данные можно получить только при макетировании, так как необходимый режим работы микросхемы не регламентируется и может отличаться от заявленных производителем.

При исследовании рассматривалось несколько ключей как отечественных, так и зарубежных, отличающихся степенью линейности, быстродействием и уровнями команд управления. Спектрограммы для формирователей выполненных на трех разных ключах, изображены на рис.3. Рассмотрение этих результатов выявило направление совершенствования формирователей.

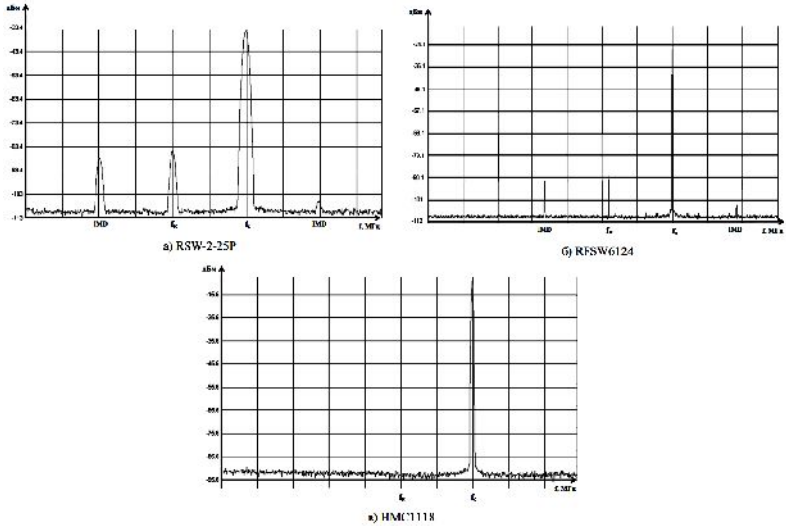


Рис.3. Спектрограмма радиоимпульса в интересуемой области, сформированная ключами RSW-2-25P (а), RFSW6124 (б), HMC1118 (в)

Импортный ключ ADRF5130 в качестве формирователя радиоимпульсов на требуемой несущей частоте искажает форму спектра (рис.4а), хотя имеет уровень паразитных спектральных составляющих минус 106 дБм (рис.4б). Позволяет получить радиоимпульс с динамическим диапазоном 80-85 дБ (рис.4в).

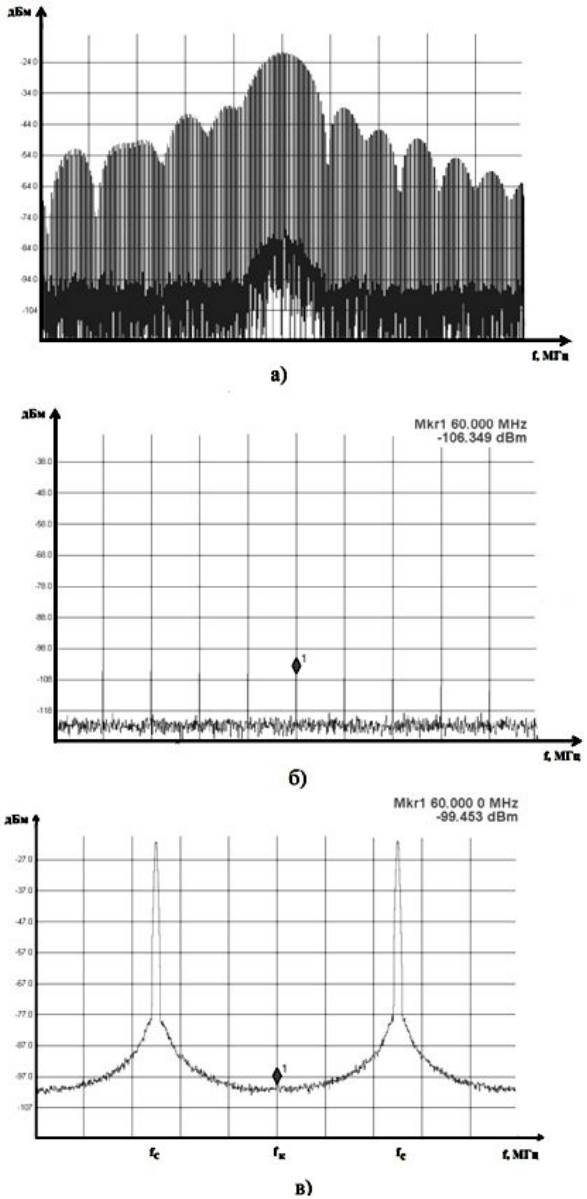


Рис.4. Спектрограмма радиоимпульса сформированного ключом ADRF5130

Использование отечественного ключа 6400КХ014 позволяет получить уровень паразитных спектральных составляющих минус 98 дБм (рис.5).

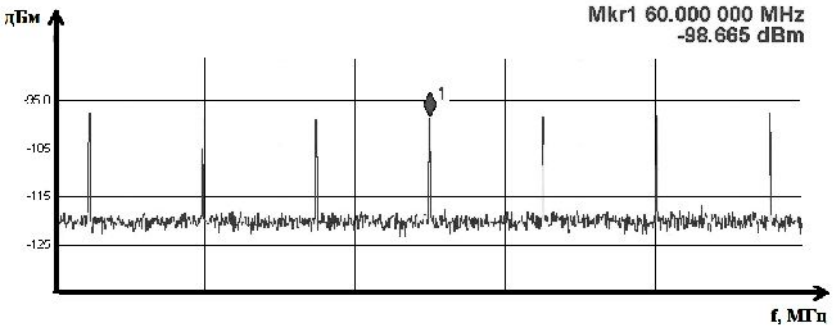


Рис.5. Спектрограмма паразитных спектральных составляющих ключа 6400КХ014

Для дальнейшего уменьшения паразитных спектральных составляющих в цепь управления необходимо поставить фильтрующий элемент [2], тем самым снизить уровень до 100 дБм (рис.6)

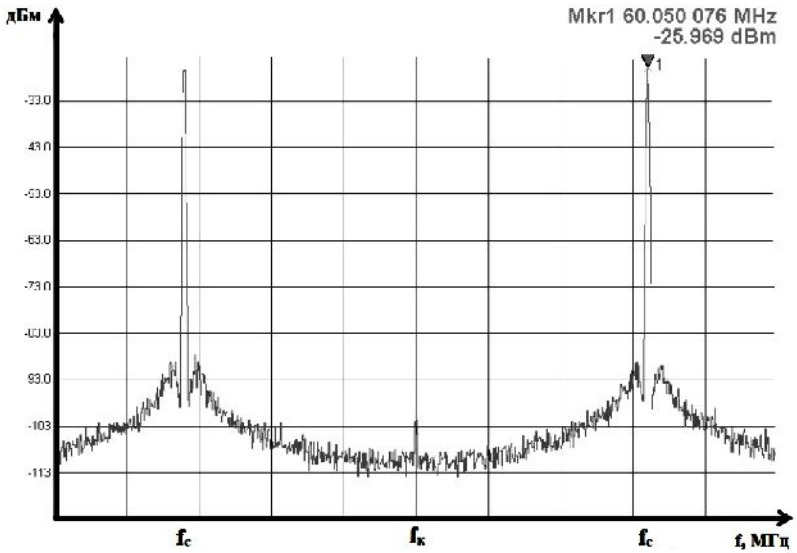


Рис.6. Спектрограмма радиоимпульса при отстройке 156 кГц от центральной частоты

Исследования показали, что команда управления ключом, взаимодействуя с входным сигналом, приводит к возникновению интермодуляционных искажений. Длительность фронта влияет на уровень паразитных спектральных составляющих, нужно выбирать оптимальную длительность фронта управляющего импульса для минимизации этого уровня. Длительность фронта определяется быстродействием ключа, при этом следует учесть, что при быстром нарастании фронта паразитные спектральные составляющие будут иметь больший уровень, но есть область значений, при которых уровень можно минимизировать. В то время как уровень интермодуляционных помех будет уменьшаться незначительно, их амплитуда будет определяться линейностью элемента.

В результате проведенного исследования можно сформулировать требования к аналоговому ключу, применяемому в формирователе радиоимпульсов, которые необходимы учитывать при дальнейшем улучшении параметров формирователя:

- следует выбирать ключ с большим быстродействием для формирования короткого радиоимпульса;

- следует выбирать ключ с большой линейностью для уменьшения паразитной спектральной составляющей;

- следует выбирать оптимальную длительность фронта управляющего импульса для минимизации уровня паразитных спектральных составляющих;

- необходимо учитывать задержку перехода ключа в открытое/закрытое состояние при формировании радиоимпульса. Она оказывает влияние на спектр, т.е. в этот промежуток времени будет определяться характер возрастания и спада фронтов радиоимпульса;

- необходимо экранировать элементы схемы формирователя и учитывать топологию печатного рисунка платы.

Уровень паразитных спектральных составляющих переходного процесса, кроме всего прочего, определяется качеством используемого генератора. Так, используя генератор серии ГК219, достигается уменьшение их уровня еще на 10 дБ. Сравнение уровней относительной спектральной плотности мощности фазовых шумов генератора ГК87 и генератора ГК219 приведено на рис.7. Утолщенная линия показывает значения по спецификации производителя для генераторов серии ГК87 и ГК219.

Таким образом, спроектирован формирователь последовательности радиоимпульсов на отечественной элементной базе с динамическим диапазоном 75-80 дБ. В ходе исследования выработаны рекомендации для уменьшения паразитных спектральных составляющих.

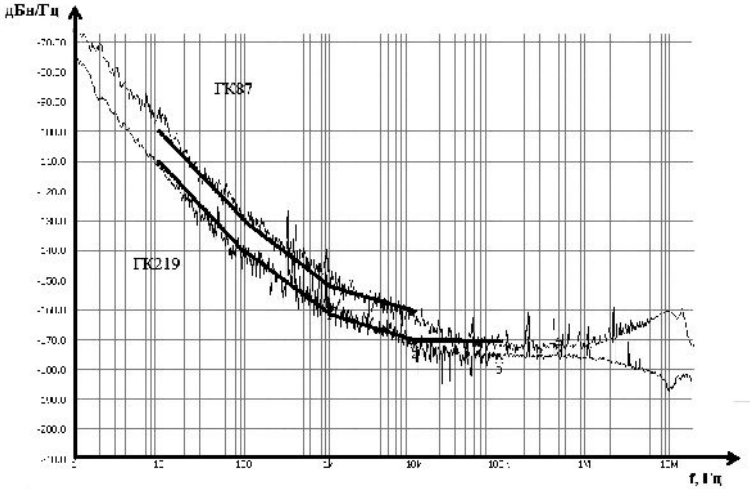


Рис.7. Спектральная плотность мощности фазовых шумов генераторов ГК87 и ГК219

Библиографический список

1. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники: В 3-х томах: Т.1. Пер. с англ. – 4-е изд. перераб. и доп. – М.: Мир, 1993. – 413 с., ил.

2. Песчанский Д.С., Лосев А.М., Атопшев Ю.С., Корниенко Т.А. Влияние переходных процессов ключа и аттенюатора на динамический диапазон приемного тракта.// Сборник докладов Седьмой научно-технической конференции молодых ученых и специалистов/под общей редакцией канд.техн.наук Н.Э. Ненартовича.- М.: ПАО «НПО «Алмаз», 2017.- 720 с.: ил.

THE FORMER OF THE RADIO PULSE SEQUENCE FOR TESTING THE COMMUNICATION CHANNELS

© A. Losev
PAO «NPO «Almaz», Moscow, Russia
e-mail: wolkn@yandex.ru

Abstract. There was proposed the technical implementation of the sequence shaper of radio pulses with high dynamic range on the base of Russian components. The experimental study results were introduced. The recommendations for the further former improvement were presented.

Keywords. Pulse, rise time, transient processes, linearity, intermodulation distortion

УДК 621.391

ОПТИМАЛЬНАЯ ФИЛЬТРАЦИЯ ДИСКРЕТНО-НЕПРЕРЫВНЫХ СИГНАЛОВ С МЕЖСИМВОЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СВЯЗЬЮ

© А.А. Парамонов,
Московский технологический университет (МИРЭА), Москва, Россия
e-mail: paramonov@mirea.ru

Аннотация. Теория оптимальной нелинейной фильтрации дискретно-непрерывных процессов распространена на случай приема сигналов с межсимвольной информационной связью. Рассмотрен упрощенный вариант алгоритма, допускающий практическую реализацию демодулятора.

Предложенная в [1] марковская теория оптимальной нелинейной фильтрации дискретно-непрерывных процессов позволяет разработать конструктивные алгоритмы приема таких сигналов при одном ограничении: принимаемый сигнал на каждом тактовом интервале зависит только от одного передаваемого информационного символа. Во многих случаях это ограничение оказывается слишком жёстким. Так, сигналы с непрерывной фазой, сигналы с межсимвольной помехой, сигналы, прошедшие по многолучевому каналу и т.д. не отвечают этому требованию – для всех них характерна межсимвольная информационная связь (МИС). Тем не менее, указанная теория может быть распространена и на прием сигналов с МИС.

Обозначим принимаемое приемником на некотором i-ом тактовом интервале колебание как

$$r(t) = s(t, \mathbf{A}_i, \boldsymbol{\psi}) + n(t),$$

где $s(t, \mathbf{A}_i, \boldsymbol{\psi})$ – сигнал с МИС, $n(t)$ – белый гауссовский шум с двухсторонней спектральной плотностью мощности $N_0/2$.

В это выражение входит вектор случайных параметров $\boldsymbol{\psi}$ и вектор m-ичных информационных символов $\mathbf{A}_i = [a_1, a_2, \dots, a_i]$. Зависимость сигнала на некотором тактовом интервале от всей последовательности символов, передаваемых до текущего момента времени, отражает наличие в нем МИС.

Будем считать, что априорная плотность вероятности вектора $\boldsymbol{\psi}(t)$ удовлетворяет уравнению Фоккера-Планка-Колмогорова

$$\dot{w}(t, \boldsymbol{\psi}) = \mathcal{L}\{w(t, \boldsymbol{\psi})\},$$

где через $\mathcal{L}\{\cdot\}$ обозначен следующий оператор:

$$\mathcal{L}\{\cdot\} = -\sum_{s=1}^{l}\frac{\partial}{\partial\psi_s}[\alpha_s(t,\boldsymbol{\psi})] + \frac{1}{2}\sum_{s=1}^{l}\sum_{r=1}^{l}\frac{\partial^2}{\partial\psi_r\partial\psi_s}[\beta_{rs}(t,\boldsymbol{\psi})].$$

Здесь $\alpha_s(t,\boldsymbol{\psi})$ – элемент вектора коэффициента сноса, $\beta_{rs}(t,\boldsymbol{\psi})$ – элемент матрицы коэффициентов диффузии, l – размерность вектора $\boldsymbol{\psi}(t)$.

Будем считать, что решение о некотором информационном символе a_k, передаваемом на интервале времени $t \in ((k-1)T, kT]$, принимается с задержкой на Q тактовых интервалов, т.е. в момент времени $(k+Q)T$. Рассматривая передаваемый сигнал на интервале времени $\big((k-1)T, (k+Q)T\big]$, расширим все векторы информационных символов до одинакового размера $k+Q$, дополнив их нулями:

$$\mathbf{A}_1^p=[\mathbf{A}_1, 0; 0; \cdots, 0]=[a_1, 0; 0; \cdots, 0],$$
$$\mathbf{A}_2^p=[\mathbf{A}_2, 0; 0; \cdots, 0]=[a_1, a_2, 0; 0; \cdots, 0],$$

…

$$\mathbf{A}_i^p=[\mathbf{A}_i, 0; 0; \cdots, 0]=[a_1, a_2, \cdots\ a_i, 0; 0; \cdots, 0],$$

…

$$\mathbf{A}_{k+Q}^p=\mathbf{A}_{k+Q}=[a_1, a_2, \cdots\ a_{k+Q}].$$

Теперь перейдем к новому укрупненному алфавиту размером m^{k+Q} таким образом, что каждый расширенный вектор может быть сопоставлен с одним из возможных значений этого укрупненного алфавита. В результате удается прийти к ситуации приема m^{k+Q}-ичных символов, причем на каждом новом тактовом интервале сигнал зависит только от одного нового символа. Заметим, что эти новые m^{k+Q}-ичные символы образуют марковскую последовательность.

Для того чтобы не усложнять запись и не вводить новых переменных, для этих новых m^{k+Q}-ичных символов сохраним прежние обозначения $\mathbf{A}_1, \mathbf{A}_2, \ldots, \mathbf{A}_{k+Q}$. При таком обозначении символов нового алфавита не возникает никаких недоразумений, так как между этими символами и векторами $\mathbf{A}_1, \mathbf{A}_2, \ldots, \mathbf{A}_{k+Q}$ имеется однозначное соответствие.

Теперь можно рассматривать задачу оптимального приема символов укрупненного алфавита. При этом оказываются применимыми оптимальные алгоритмы приема дискретно-непрерывных марковских процессов. Согласно [1] апостериорная совместная плотность вероятностей некоторого символа $\mathbf{A}_n$ и вектора $\boldsymbol{\psi}(t)$ на соответствующем тактовом интервале удовлетворяет уравнению

$$\dot{p_{ps}}(t,\mathbf{A}_n,\boldsymbol{\psi}) = \mathcal{L}\{p_{ps}(t,\mathbf{A}_n,\boldsymbol{\psi})\} + [F(t,\mathbf{A}_n,\boldsymbol{\psi}) - F(t)]p_{ps}(t,\mathbf{A}_n,\boldsymbol{\psi}), \quad (1)$$

где

$$\mathcal{L}\{\cdot\} = -\sum_{s=1}^{l}\frac{\partial}{\partial\psi_s}[\alpha_s(t,\boldsymbol{\psi})] + \frac{1}{2}\sum_{s=1}^{l}\sum_{r=1}^{l}\frac{\partial^2}{\partial\psi_r\partial\psi_s}[\beta_{rs}(t,\boldsymbol{\psi})]$$

$$F(t,\mathbf{A}_n,\boldsymbol{\psi}) = -\frac{1}{N_0}[r(t) - s(t,\mathbf{A}_n,\boldsymbol{\psi})]^2, \quad (2)$$

$$F(t) = \sum_{\forall\mathbf{A}_n}\int_{\boldsymbol{\psi}} F(t,\mathbf{A}_n,\boldsymbol{\psi})\, p_{ps}(t,\mathbf{A}_n,\boldsymbol{\psi})d\boldsymbol{\psi}. \quad (3)$$

Связь между значениями апостериорной совместной плотности вероятностей на соседних тактовых интервалах определяется соотношением

$$p_{ps}(nT+0,\mathbf{A}_n,\boldsymbol{\psi}) = \sum_{\forall\mathbf{A}_{n-1}}\pi_{\mathbf{A}_{n-1},\mathbf{A}_n}\, p_{ps}(nT,\mathbf{A}_{n-1},\boldsymbol{\psi}). \quad (4)$$

Здесь $\pi_{\mathbf{A}_{n-1},\mathbf{A}_n}$ – вероятность перехода информационного символа укрупненного алфавита из значения $\mathbf{A}_{n-1}$ в значение $\mathbf{A}_n$. Важно отметить, что значительная часть этих переходных вероятностей равна нулю. Действительно, от символа $\mathbf{A}_{n-1}$ возможен переход не к любому символу укрупненного алфавита, а только к такому, который в векторной записи соответствует предыдущему символу $\mathbf{A}_{n-1}$, дополненному информационным символом первичного алфавита a_n. А так как последний может принимать лишь m возможных значений, только m переходных вероятностей отличны от нуля.

Из выражений (1)-(4) можно получить два конструктивных алгоритма приема сигналов с МИС – алгоритм переприсвоения и алгоритм фильтрации [1].

Рассмотрим подробнее алгоритм фильтрации, применение которого возможно при условии, что скорость изменения вектора сопутствующих параметров $\boldsymbol{\psi}(t)$ значительно меньше скорости передачи информации. В этом случае условная по сопутствующим параметрам апостериорная плотность вероятности символа $\mathbf{A}_n$ в момент времени $t \in ((n-1)T, nT]$ определяется выражением

$$p_{ps}(t,\mathbf{A}_n \,|\, \boldsymbol{\psi}) = \frac{p_{ps}\left((n-1)T+0,\mathbf{A}_n \,|\, \boldsymbol{\psi}\right)exp\left\{\int_{(n-1)T}^{t}F(t,\mathbf{A}_n,\boldsymbol{\psi})dt\right\}}{\sum_{\forall\mathbf{A}_n}p_{ps}\left((n-1)T+0,\mathbf{A}_n \,|\, \boldsymbol{\psi}\right)exp\left\{\int_{(n-1)T}^{t}F(t,\mathbf{A}_n,\boldsymbol{\psi})dt\right\}}. \quad (5)$$

Учтя, что в момент времени $t = 0$ апостериорная вероятность $p_{ps}(t,\mathbf{A}_n \,|\, \boldsymbol{\psi})$ равна априорной, т.е. $1/m$, вероятность $p_{ps}(T,\mathbf{A}_n \,|\, \boldsymbol{\psi})$ можно получить из (5):

$$p_{ps}(T,\mathbf{A}_1 \,|\, \boldsymbol{\psi}) = \frac{exp\left\{\int_0^T F(t,\mathbf{A}_1,\boldsymbol{\psi})dt\right\}}{\sum_{\forall\mathbf{A}_1}exp\left\{\int_0^T F(t,1,\boldsymbol{\psi})dt\right\}}. \quad (6)$$

Теперь заметим, что $\mathbf{A_2}$=[$\mathbf{A}_1$, a_2] и что $\pi_{\mathbf{A}_1,\mathbf{A}_2} = 1/m$, поэтому

$$p_{ps}(T+0,\mathbf{A}_2 \,|\, \boldsymbol{\psi}) = \frac{1}{m}p_{ps}(T,\mathbf{A}_1 \,|\, \boldsymbol{\psi}).$$

Используя это соотношение и (6) в (5), получим:

$$p_{ps}\left(2T, \mathbf{A}_2 \mid \boldsymbol{\psi}\right) = \frac{exp\left\{\int_0^T F(t,\mathbf{A}_1,\boldsymbol{\psi})dt + \int_T^{2T} F(t,\mathbf{A}_2,\boldsymbol{\psi})dt\right\}}{\sum_{\forall \mathbf{A}_2} exp\left\{\int_0^T F(t,\mathbf{A}_1,\boldsymbol{\psi})dt + \int_T^{2T} F(t,\mathbf{A}_2,\boldsymbol{\psi})dt\right\}}.$$

Повторяя эту процедуру рекуррентно для следующих тактовых интервалов, приходим к выражению:

$$p_{ps}\left(t, \mathbf{A}_n \mid \boldsymbol{\psi}\right) = \frac{exp\sum_{l=1}^{n-1}\left\{\int_{(l-1)T}^{lT} F(t,\mathbf{A}_l,\boldsymbol{\psi})dt + \int_{(n-1)T}^{t} F(t,\mathbf{A}_n,\boldsymbol{\psi})dt\right\}}{\sum_{\forall \mathbf{A}_n} exp\sum_{l=1}^{n-1}\left\{\int_{(l-1)T}^{lT} F(t,\mathbf{A}_l,\boldsymbol{\psi})dt + \int_{(n-1)T}^{t} F(t,\mathbf{A}_n,\boldsymbol{\psi})dt\right\}}. \qquad (7)$$

Для нахождения безусловной апостериорной вероятности вектора $\mathbf{A}_n$ необходимо знать апостериорную плотность вероятности непрерывного параметра $\boldsymbol{\psi}(t)$. Она удовлетворяет уравнению

$$\dot{w_{ps}}(t, \boldsymbol{\psi}) = \mathcal{L}\{w_{ps}(t, \boldsymbol{\psi})\} + [\tilde{F}(t, \boldsymbol{A}_n, \boldsymbol{\psi}) - F(t)\,]w_{ps}(t,), \qquad (8)$$

где $\tilde{F}(t, \boldsymbol{A}_n, \boldsymbol{\psi}) = \sum_{\boldsymbol{A}_n} F(t, \boldsymbol{A}_n, \boldsymbol{\psi})$.

Условная по $\boldsymbol{\psi}(t)$ апостериорная вероятность информационного символа a_k в момент времени $t \in ((n-1)T, nT]$ находится усреднением (7) по всем компонентам вектора $\mathbf{A}_n$, кроме a_k:

$$p_{ps}\left(t,\ a_k \mid \boldsymbol{\psi}\right) = \sum_{\mathbf{A}'_n} \frac{exp\sum_{l=1}^{n-1}\left\{\int_{(l-1)T}^{lT} F(t,\mathbf{A}_l,\boldsymbol{\psi})dt + \int_{(n-1)T}^{t} F(t,\mathbf{A}_n,\boldsymbol{\psi})dt\right\}}{\sum_{\forall \mathbf{A}_n} exp\sum_{l=1}^{n-1}\left\{\int_{(l-1)T}^{lT} F(t,\mathbf{A}_l,\boldsymbol{\psi})dt + \int_{(n-1)T}^{t} F(t,\mathbf{A}_n,\boldsymbol{\psi})dt\right\}}.$$

Здесь и далее через $\mathbf{A}'_n$=[$a_1, a_2, \ldots, a_{k-1}, \ a_{k+1}, \ \ldots a_n$] обозначен вектор информационных символов с исключенным элементом a_k.

Безусловная по $\boldsymbol{\psi}(t)$ апостериорная вероятность символа a_k находится усреднением последнего выражения по апостериорному распределению процесса $\boldsymbol{\psi}(t)$, которое представляет собой решение уравнения (8). В теории оптимальной нелинейной фильтрации решения подобных уравнений изучены достаточно хорошо. При высокой точности фильтрации результатом такого усреднения будет замена в последнем выражении векторной величины $\boldsymbol{\psi}(t)$ её оценкой $\widehat{\boldsymbol{\psi}}(t)$.

Решение по критерию максимума правдоподобия символа о символе a_k в момент времени $t = (k+Q)T$, где Q – задержка решения, выносится в результате сравнения друг с другом m апостериорных вероятностей $p_{ps}((k+Q)T,\ a_k)$.

Мы получили формально работоспособный алгоритм, однако он малопригоден для практической реализации, так как требует вычисления большого числа экспонент, причем его сложность растет с ростом номера принимаемого символа. К счастью, может быть предложен целый ряд способов упрощения алгоритма. Рассмотрим один из них.

Правая часть последнего выражения представляет собой сумму экспонент от функций $F(t, \mathbf{A}_l, \boldsymbol{\psi})$, т.е., практически, от корреляционных интегралов для всех m^l вариантов вектора $\mathbf{A}_n$. Из физических пред-

ставлений о сути когерентного приема ясно, что вклад разных составляющих в эту сумму различен: при больших отношениях сигнал/шум вклад того слагаемого, которое соответствует передаваемому информационному вектору, оказывается преобладающим. Это соображение позволяет использовать следующую аппроксимацию последнего выражения для $p_{ps}(t,\ a_k \mid \boldsymbol{\psi})$:

$$p_{ps}(t,\ a_k \mid \boldsymbol{\psi}) = max_{\mathbf{A}'_n}\ \frac{exp\sum_{l=1}^{n-1}\left\{\int_{(l-1)T}^{lT} F(t,\mathbf{A}_l,\boldsymbol{\psi})dt+\int_{(n-1)T}^{t} F(t,\mathbf{A}_n,\boldsymbol{\psi})dt\right\}}{\sum_{\forall \mathbf{A}_n} exp\sum_{l=1}^{n-1}\left\{\int_{(l-1)T}^{lT} F(t,\mathbf{A}_l,\boldsymbol{\psi})dt+\int_{(n-1)T}^{t} F(t,\mathbf{A}_n,\boldsymbol{\psi})dt\right\}}.$$

Усреднив это выражение по $\boldsymbol{\psi}(t)$, получим безусловную по непрерывному процессу апостериорную вероятность символа. С учетом высокого качества фильтрации правило вынесения решения о символе a_k в момент времени $t = (k+Q)T$ принимает вид:

$$\hat{a}_k = max^{-1}_{\forall\ a_k,\mathbf{A}'_n} M_{\text{мпп}}(\ a_k, \mathbf{A}'_n),$$

где метрики $M_{\text{мпп}}(\ a_k, \mathbf{A}'_n)$ определяются выражением

$$M_{\text{мпп}}(\ a_k, \mathbf{A}'_n) = \sum_{l=1}^{k+Q}\int_{(l-1)T}^{lT} F\left(t, \mathbf{A}_l, \hat{\boldsymbol{\psi}}\right) dt.$$

Как видим, мы пришли к правилу вынесения решения о символе a_k, принадлежащему наиболее правдоподобной последовательности $\mathbf{A}_{k+Q}$, т.е. это упрощенный алгоритм отвечает критерию максимума правдоподобия последовательности. В большинстве случаев в алгоритме удается применить процедуру Витерби, т.е. сложность вычислений не будет возрастать с ростом номера принимаемого символа.

Библиографический список

1. Тихонов В.И., Харисов В.Н., Смирнов В.А. Оптимальная фильтрация дискретно-непрерывных процессов // Радиотехника и электроника. 1978. т.23, №7, С.1441-1452.

OPTIMAL FILTERING OF DISCRETE-CONTINUOUS SIGNALS WITH INTERSYMBOL INFORMATION LINK

© A. Paramonov
Moscow technological university (MIREA), Moscow, Russia
e-mail: paramonov@mirea.ru

Summary: Theory of optimal nonlinear filtering of discrete-continuous processes is applied to reception of signals with intersymbol information link. The simplified algorithm capable of practical demodulator implementation is considered.

УДК 621.391.072

АЛГОРИТМ СИНХРОНИЗАЦИИ СИГНАЛОВ С НЕПРЕРЫВНОЙ ФАЗОЙ И ЦИКЛИЧЕСКИ ИЗМЕНЯЮЩИМСЯ ИНДЕКСОМ МОДУЛЯЦИИ МЕТОДОМ ЧАСТОТНОГО ДЕТЕКТИРОВАНИЯ

© А.Ю. Унгер, Г.В. Куликов
Московский технологический университет, Москва, Россия
e-mail: unger@mirea.ru, kulikov@mirea.ru

Аннотация. Рассмотрен метод преобразования сигнала с непрерывной фазой (МНФ) в сигнал амплитудно-импульсной модуляции. Показано, как с помощью данного преобразования можно реализовать контур тактовой и цикловой синхронизации. Получена дискриминационная характеристика системы. Спроектирован приемник сигнала МНФ с двумя циклически изменяющимися индексами модуляции. С помощью компьютерного моделирования получены динамические характеристики приемника и системы синхронизации. Приведены рекомендации по улучшению помехоустойчивости приемника с помощью различных схемотехнических решений.

Ключевые слова. Сигнал с непрерывной фазой, циклически изменяющийся индекс модуляции, тактовая синхронизация, цикловая синхронизация.

Широкое распространение систем беспроводной связи требует от разработчиков радиоаппаратуры непрерывно увеличивать скорость передачи данных, сохраняя компактный спектр сигнала. Кроме этого, стремление к экономичности приемопередатчиков вызывает необходимость в использовании сигналов с максимальной энергетической эффективностью.

Традиционные методы передачи информации, использующие сигналы с амплитудной, частотной (ЧМ), фазовой и амплитудно-фазовой манипуляцией, не способны удовлетворить требованиям современных радиосистем. Для систем мобильной и спутниковой связи перспективными являются сигналы, модулированные с непрерывной фазой (МНФ).

Современное применение сигналов МНФ [1] ограничено относительно простыми форматами. Вместе с тем, потенциальные возможности этих сигналов значительно выше. Это вызвано тем, что сигнал МНФ определяется большим числом параметров, от которых зависит его спектральная и энергетическая эффективность, а, следовательно, и потенциальная помехоустойчивость. Среди всех параметров сигнала первостепенное значение имеет индекс модуляции. Сигналы МНФ с циклически изменяющимся индексом модуляции

(ЦИИМ) обладают на порядок большей помехоустойчивостью в сравнении с сигналами МНФ с постоянным индексом модуляции, сохраняя при этом высокую спектральную и энергетическую эффективность [2].

При этом если техника приема сигналов МНФ ЦИИМ к настоящему времени достаточно отработана, то проблему синхронизации, актуальную для всех систем цифровой связи, нельзя считать удовлетворительно решенной. Существующие алгоритмы синхронизации охватывают весьма узкий класс сигнальных форматов и отличаются низкой эффективностью [3]. Более того, исследования в области цикловой синхронизации, необходимой для помехоустойчивого приема сигналов МНФ ЦИИМ, практически отсутствуют.

В работе обсуждается один из алгоритмов синхронизации сигналов МНФ ЦИИМ методом частотного детектирования. Метод основан на преобразовании сигнала МНФ в низкочастотный сигнал амплитудно-импульсной модуляции, для которого существуют хорошо отработанные методы тактовой синхронизации. Цикловая синхронизации обеспечивается за счет того, что амплитуда низкочастотного сигнала зависит от индекса модуляции на каждом тактовом интервале.

1. Описание алгоритма

Приведем классическое определение сигнала МНФ

$$s(t) = A \cdot \cos(2\pi f t + \Phi(t, \mathbf{C})) \qquad (1)$$

Здесь A – амплитуда, связанная с энергией E сигнала на длительности тактового интервала T соотношением $A = \sqrt{2E/T}$, f – несущая частота,

$$\Phi(t, \mathbf{C}) = 2\pi \sum_{i=0}^{\infty} h_i C_i q(t - iT) \qquad (2)$$

– информационная составляющая фазы, которая зависит от формы и продолжительности частотного импульса $g(t)=dq(t)/dt$. В выражении (2) $q(t)$ – функция фазового импульса, h_i – индекс модуляции, в общем случае изменяющийся от одного тактового интервала к другому, $\mathbf{C}$ – вектор передаваемых информационных символов $[C_0, C_1, ..., C_i, ...]$, принимающих одно из M возможных значений.

В зависимости от разрядности первичного алфавита M сигналы МНФ подразделяются на бинарные (M=2) и многопозиционные (M=4,8, и т.д.). В зависимости от длительности частотного импульса LT различают сигналы МНФ с полным (L=1) и частичным (L>1) откликом. Наконец, сигналы МНФ могут иметь фиксированный или переменный индекс модуля-

ции, изменяющийся от одного тактового интервала к другому.

Также сигналы МНФ различаются по форме частотного импульса. Частотный импульс может быть прямоугольной (ПРМНФ)

$$g(t) = \frac{1}{2LT} \tag{3}$$

или сглаженной формы, например в виде приподнятого косинуса (ПКМНФ)

$$g(t) = \frac{1}{2LT}[1 - \cos(2\pi t / LT)] \tag{4}$$

Метод частотного детектирования основан на том соображении, что сигналы МНФ с полным откликом являются по своей сути частотно-модулированными сигналами [4]. В самом деле, из (1) легко получить выражение для мгновенной частоты

$$\omega(t) = \frac{d}{dt}[\omega_0 t + \Phi(t, \mathbf{C})] = \omega_0 + 2\pi \sum_{i=0}^{\infty} h_i C_i g(t - iT) \tag{5}$$

В отсутствии межсимвольной интерференции, выражение в правой части (5) с точностью до ω_0 совпадает с низкочастотным сигналом амплитудной модуляции.

Для преобразования (1) в (5) воспользуемся квадратурным частотным детектором, хорошо зарекомендовавшим себя в практике цифровой обработки сигналов [5]. Частотное детектирование осуществляется путем вычисления производной мгновенной фазы сигнала. Формула частотного детектирования в общем случае имеет вид

$$\omega(t) = \frac{i(t)q'(t) - q(t) - i'(t)}{i^2(t) + q^2(t)} \tag{6}$$

Здесь $i(t)$ – синфазная составляющая, $q(t)$ – квадратурная составляющая. Штрихом обозначена производная по времени. Синфазная и квадратурная составляющая получаются перемножением сигнала МНФ с сигналом локального гетеродина, настроенного на частоту ω_0.

В частном случае, когда сигнал жестко ограничен (а именно этот случай имеет место для сигналов МНФ), так что $i^2(t)+q^2(t)$=const, знаменатель в выражении (6) вычислять не нужно, поэтом формула упрощается

$$\omega(t) = i(t)q'(t) - q(t)i'(t) \tag{7}$$

Именно в таком виде мы будем выполнять операцию частотного детектирования, заменяя непрерывный сигнал последовательностью дискретных отсчетов. Дифференциатор в простейшем случае представляет со-

бой цифровой фильтр [6] с конечной импульсной характеристикой (КИХ), с коэффициентами 1, 0, −1. На рис. 1 представлены синфазная

$$i(t) = \cos(\Phi(t, \mathbf{C})) \tag{8}$$

и квадратурная

$$q(t) = -\sin(\Phi(t, \mathbf{C})) \tag{9}$$

составляющие низкочастотного (ω_0=0) сигнала с ЦИИМ (0.5,0.75), а также демодулированный сигнал **Ошибка! Источник ссылки не найден.**.

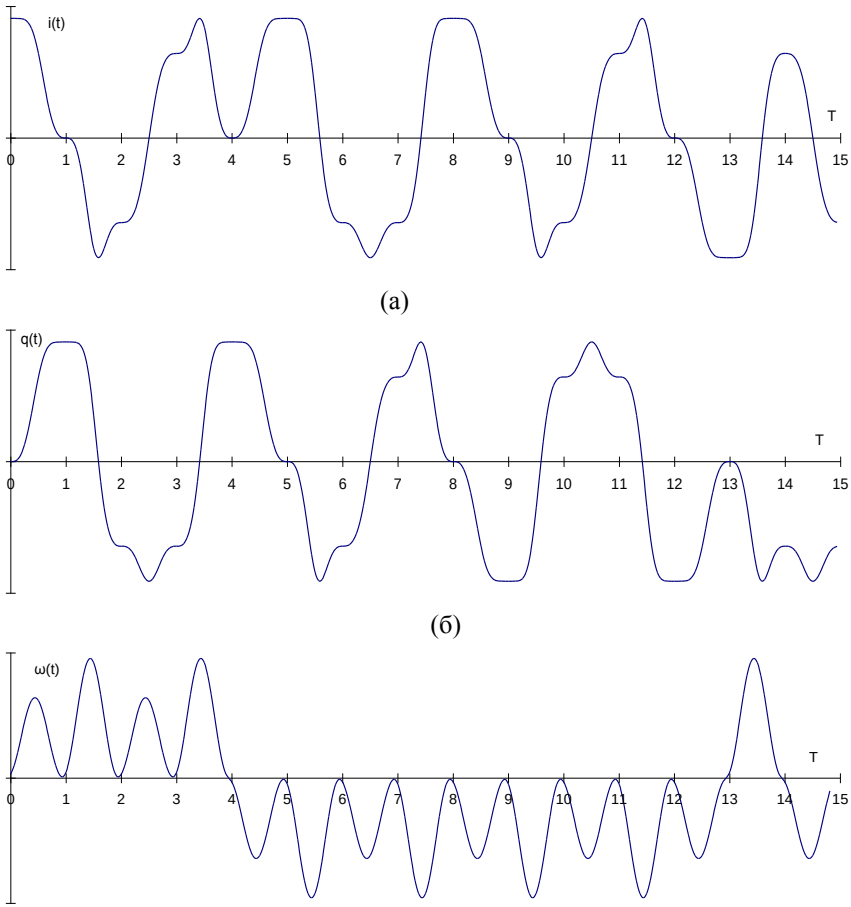


Рис. 1. а – синфазная составляющая сигнала ПКМНФ ЦИИМ (0.5,0.75), б – квадратурная составляющая, в – мгновенная частота.

Для видеосигнала, изображенного на рис. 1, существуют хорошо отработанные алгоритмы тактовой синхронизации. Мы воспользуемся широко известным алгоритмом Гарднера [7]. Выбор алгоритма обусловлен его простотой и низким уровнем шума.

Выбор сигнал с частотным импульсом в виде приподнятого косинуса был не случаен. Дело в том, что алгоритм Гарднера неприменим к сигналам с коэффициентом сглаживания символов менее 0.4. Поэтому, в частности, он не подходит к сигналам МНФ с прямоугольным частотным импульсом. Впрочем, это ограничение не является недостатком метода, так как вместо алгоритма Гарднера можно использовать другой алгоритм, например, алгоритм с опережающим и запаздывающим стробированием.

Для корректной работы по алгоритму Гарднера требуется два отсчета сигнала на длительности тактового интервала. Оценка временного сдвига сигнала относительно истинной границы тактового интервала вычисляется по формуле

$$e(k) = \omega(2k-1) \times (\omega(2k-2) - \omega(2k)) \qquad (10)$$

Здесь k – последовательный номер тактового интервала. Таким образом, на каждом тактовом интервале формируется мгновенная оценка задержки. Эта оценка используется для подстройки временного сдвига

$$\tau(k) = \tau(k-1) + \lambda e(k) \qquad (11)$$

Здесь λ – коэффициент усиления контура слежения за задержкой. Экспериментально установлено, что оптимальным с точки зрения сходимости и устойчивости алгоритма является значение λ=0.01.

Помимо контура слежения за задержкой приемнику сигнала необходимо знать индекс модуляции на каждом тактовом интервале. Для различения индексов модуляции воспользуемся следующей методикой. В режиме синхронизации, когда оценка задержки близка к истинной задержке принимаемого сигнала, отсчеты $\omega(2k-1)$ в формуле (10) попадают на момент, где сигнал достигает своего максимума или минимума. Сказанное подтверждает рис. 2.

Здесь по оси абсцисс отложены моменты времени, соответствующие истинным границам тактовых интервалов. Начальная задержка принимаемого сигнала равна $0.45T$. Процесс подстройки задержки иллюстрирует красная ломаная на графике. Время вхождения в синхронизм в данном случае (при отношении сигнал/шум равном бесконечности) составляет 10 тактовых интервалов.

Согласно алгоритму (10) на каждый тактовый интервал приходится три дискретных отсчета с условными номерами $2k-2$, $2k-1$, $2k$. После

вхождения в синхронизм отсчет с номером $2k-1$ попадает в середину тактового интервала. В этот момент сигнал (рис. 1в) достигает своего максимума/минимума.

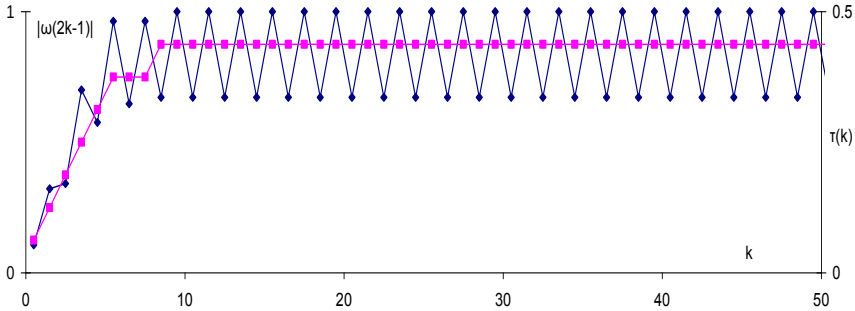


Рис. 2. К пояснению методики различения индексов модуляции.

Из графика (рис. 2) видно, что по абсолютной величине отсчеты $\omega(2k-1)$ чередуются в соответствии с порядком следования индексов модуляции. Таким образом, разделяя эти отсчеты на четные и нечетные (для случая сигнала ЦИИМ с двумя индексами модуляции), и выделяя их постоянную составляющую, можно с помощью порогового устройства оценить индекс модуляции на каждом тактовом интервале.

2. Исследование дискриминационной характеристики системы тактовой синхронизации

Структурная схема приемника и системы синхронизации представлена на рис. 3. Схема реализует рассмотренные алгоритмы тактовой и цикловой синхронизации. Напомним, что когерентному приемнику сигнала МНФ ЦИИМ необходим также контур фазовой синхронизации. Частотный детектор работает на частоте N/T, дискриминатор задержки – $2/T$, различитель индекса модуляции – $1/T$.

Приступим к исследованию алгоритмов тактовой и цикловой синхронизации на основе приведенной схемы. Исследование проведено методом компьютерного моделирования при следующих параметрах: количество отсчетов на тактовый интервал – 16, амплитуда сигнала 1 В.

Прежде всего, построим дискриминационную характеристику дискриминатора задержки (рис. 4) на примере сигнала ПКМНФ ЦИИМ (0.5,0.75). Дискриминационная характеристика отображает среднее значение $E\{e(k)\}$ в зависимости от истинной задержки принимаемого сигнала. Интервал усреднения 1000 тактовых интервалов.

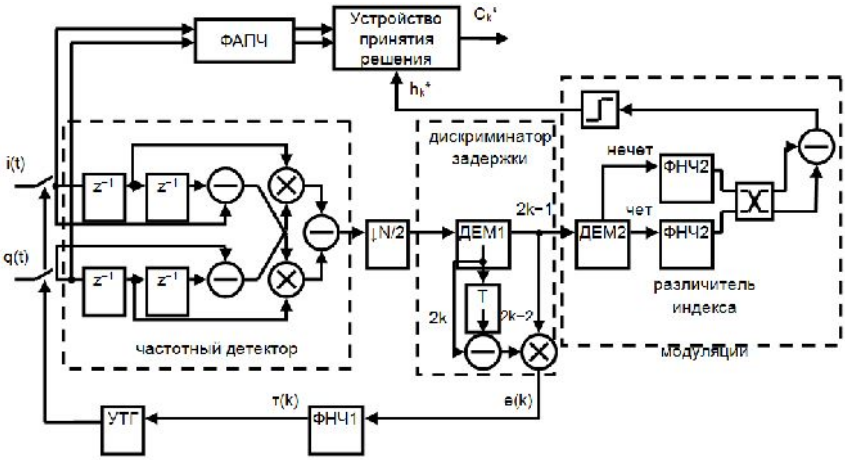


Рис. 3. Приемник сигнала ПКМНФ ЦИИМ (0.5,0.75): z^{-1} – элемент задержки на один отсчет; T – элемент задержки на один тактовый интервал; ↓N/2 – дециматор; ДЕМ1 и ДЕМ2 – демультиплексоры, разделяющие входные отсчеты на четные и нечетные; ФНЧ1 – петлевой фильтр 1-го порядка; ФНЧ2 – фильтр скользящего среднего; УТГ – управляемый тактовый генератор; ФАПЧ – устройство фазовой автоподстройки частоты; h_k* – оценочное значение индекса модуляции, C_k* – оценочное значение информационного символа

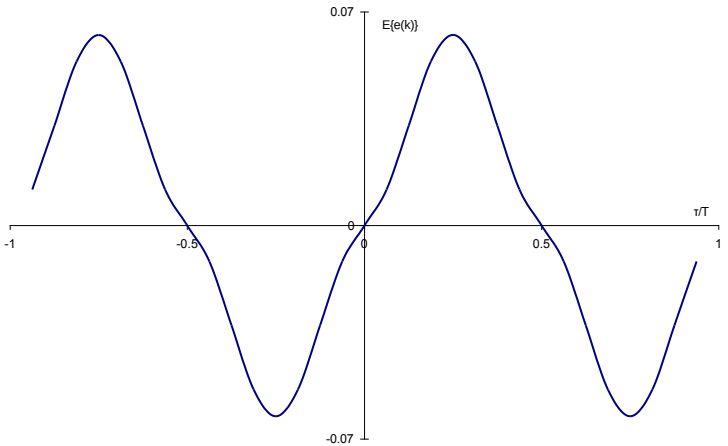


Рис. 4. Дискриминационная характеристика по задержке.

Первое, что обращает на себя внимание, – это малая амплитуда дис-

криминационной характеристики, указывающая на то, что при малом отношении сигнал/шум система синхронизации не сможет корректно отслеживать задержку. В самом деле, на рис. 2 изображен процесс подстройки задержки (красная ломаная) в отсутствии шума. Однако уже при отношении сигнал/шум равном 20 дБ точность слежения за задержкой может быть неудовлетворительной, а время вхождения в синхронизм – недопустимо большим. Например, для процесса подстройки, изображенного на рис. 5, среднеквадратическое отклонение оценки задержки равно 0.156T, т.е. 15.6%.

Помимо шумов, обусловленных каналом связи, принимаемый сигнал может быть искажен из-за нестабильной работы тактового генератора передатчика. Эта нестабильность приводит к дрожанию задержки, которое система синхронизации должна учитывать. На рис. 6 изображен процесс слежения за флуктуирующей задержкой принимаемого сигнала с дисперсией $\sigma_\tau^2 = 10^{-4}T^2$. Отношение сигнал/шум 30 дБ.

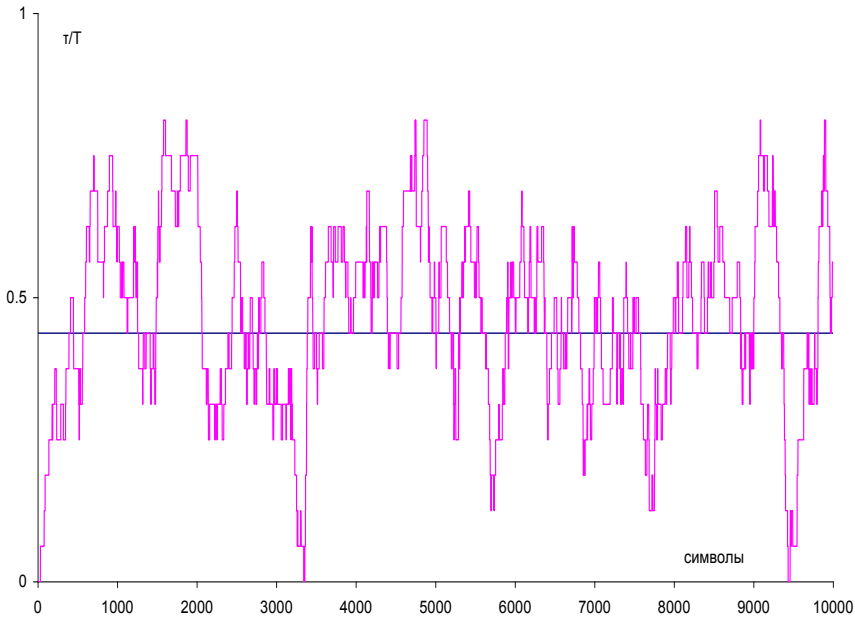


Рис. 5. Истинная задержка (синяя кривая) принимаемого сигнала ПКМНФ ЦИИМ (0.5,0.75) τ=0.45T и ее оценка (красная кривая).

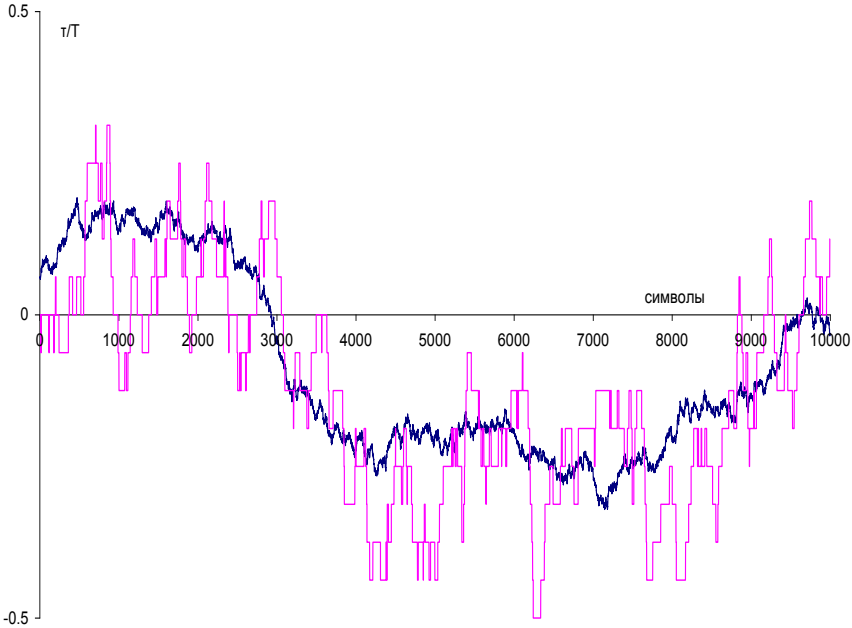


Рис. 6. Флуктуирующая задержка принимаемого сигнала ПКМНФ ЦИИМ (0.5,0.75) (синяя кривая) и ее оценка (красная кривая)

3. Исследование системы цикловой синхронизации

Из сказанного выше следует, что правильное различение индексов модуляции возможно только при условии устойчивой тактовой синхронизации. Например, процессу слежения за задержкой, изображенному на рис. 6, соответствует следующая картина различения индексов модуляции (рис. 7). Фильтры нижних частот (ФНЧ2 на схеме рис. 3) вычисляют среднее значение амплитуды входного сигнала $\omega(k)$ отдельно для четных и нечетных k. Интервал усреднения 100 тактовых интервалов.

Точность различения индексов модуляции сильно зависит от величин самих индексов модуляции. Чем ближе по значению индексы модуляции, тем хуже их различение. Кроме того, для сигнальных форматов с количеством индексов модуляции больше двух рассмотренная методика практически непригодна.

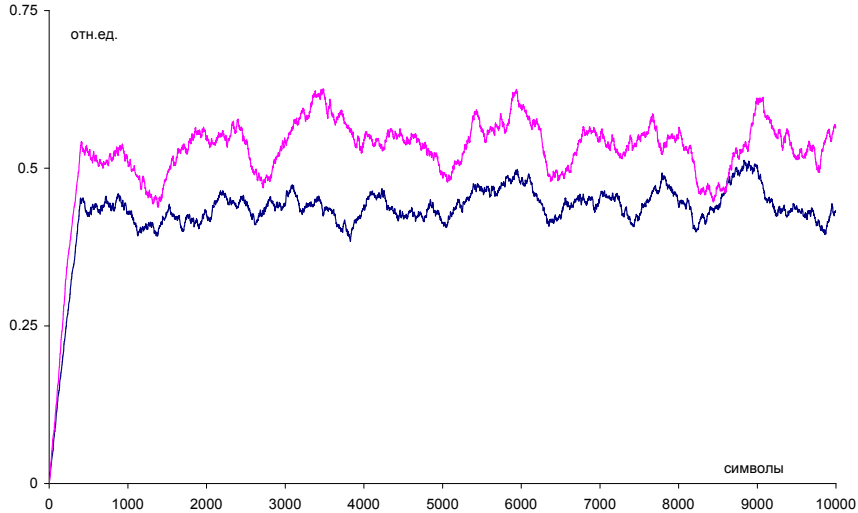


Рис. 7. Выходные сигналы ФНЧ2 различителя индексов модуляции сигнала ПКМНФ ЦИИМ (0.5,0.75). Красная кривая соответствует большему индексу модуляции (0.75), синяя – меньшему (0.5)

Суммируя все сказанное относительно метода синхронизации с помощью частотного детектирования, отметим, что основным преимуществом метода является его простота. Схема приемника и системы синхронизации на рис. 3 представлена в наиболее простом исполнении. Все составляющие ее блоки могут быть заменены на более совершенные. Так наиболее чувствительным к шумам блоком является частотный детектор, вернее, входящий в его состав дифференциатор фазы. Вместо простого дифференциатора можно использовать более совершенный дифференцирующий фильтр. Наконец, выделение частоты может быть реализовано с помощью методов нелинейной фильтрации.

Метод Гарднера, лежащий в основе дискриминатора задержки может быть заменен на более точный метод максимального правдоподобия. Наконец, различитель индексов модуляции, использующий один отсчет на тактовый интервал, может аккумулировать энергию сигнала на всем протяжении тактового интервала, улучшая тем самым помехоустойчивость и точность различения.

Однако все эти улучшения не устраняют недостатки, присущие методу. Во-первых, система синхронизации неоптимальна, так как в данном случае не определен сам критерий оптимальности. Система состоит из разрозненных блоков, поэтому комплексный анализ ее помехоустойчивости невозможен. Наконец, метод в принципе применим только к сигналам МНФ с полным откликом.

Библиографический список

1. Витерби Э.Д. Принципы когерентной связи: Пер. с англ. / под ред. Б.Р. Левина. М.: Советское радио, 1970.
2. Емельянов П.Б., Парамонов А.А. Дискретные сигналы с непрерывной фазой // Зарубежная радиоэлектроника, 1990. № 12. С. 17–34.
3. Куликов Г.В. Прием сигналов с циклически изменяющимся индексом манипуляции // Алгоритмы помехоустойчивого приема радиотехнических сигналов: Сб. науч. тр. М.: МИРЭА, 1989. С. 56–60.
4. Куликов Г.В., Баланов М.Ю., Парамонов К.А. Адаптивная фильтрация сигналов с циклически изменяющимся индексом модуляции в условиях действия нефлуктуационных помех // Труды 9-й Международной науч.-техн. конф. «Радиолокация, навигация, связь». Воронеж, 2003. С. 17–22.
5. Куликов Г.В., Суханов П.Г. Исследование возможностей фазовой самосинхронизации демодулятора Витерби с многофазной решёткой // Научный вестник МИРЭА, 2009, №1(6), С. 35–41.
6. Куликов Г.В., Унгер А.Ю. Оптимальная фильтрация фазы и задержки сигналов с непрерывной фазой // Сб. трудов ОАО «Концерн радиостроения «Вега», №1(6), 2012, С. 131–135.
7. Куликов Г.В., Унгер А.Ю., Суханов П.Г. Фазовая и тактовая синхронизация демодулятора Витерби сигналов с непрерывной фазой // Радиотехника и электроника, 2011, Т. 56, № 6, С. 705–711.

FREQUENCY DETECTION BASED ALGORITHM OF MULTI-H CONTINUOUS PHASE SIGNAL SYNCHRONIZATION

© A.Y. Unger, G.V. Kulikov
Moscow Technological University, Moscow, Russia
e-mail: unger@mirea.ru, kulikov@mirea.ru

Abstract. The method of transformation of continuous phase modulated (CPM) signal into amplitude-pulse modulated signal is considered. The realization of the circuit of clock and cycle synchronization by means of this method is exposed. Timing S-curve of the system is presented. The receiver of multi-h CPM signal with two modulation indices is designed. By means of computer simulation the characteristics of the designed receiver along with the synchronization system are obtained. The improvements of the noise immunity of the receiver by some circuit-based solutions are suggested.

Keywords. Continuous phase modulated signal, multi-h signal, clock synchronization, cycle synchronization.

УДК 621.391

СПОСОБЫ ФОРМИРОВАНИЯ СЕМЕЙСТВА НЕЛИНЕЙНЫХ B-ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ

© ***Стариковский А.И., Фёдоров В.Б.***
Московский технологический университет, Москва, Россия
e-mail: starikovski@mirea.ru

Аннотация. Рассмотрены возможные варианты построения генератора нелинейных периодических псевдослучайных двоичных B-последовательностей, основанных на теории bent-функций. Описаны возможные способы формирования семейства таких последовательностей с заданным периодом повторения.

Ключевые слова. Псевдослучайная генерация, двоичная B-последовательность, bent-функция.

Псевдослучайные бинарные последовательности находят применение во многих радиоэлектронных системах, например, в многоканальных системах передачи цифровой информации с кодовым разделением каналов, в криптосистемах и других. Широко используются, так называемые, *M*-последовательности, последовательности Голда и Касами, также формируемых на основе *M*-последовательностей. Это все примеры линейных последовательностей, поскольку их генерация основана на сдвиговом регистре с многоотводной линейной обратной связью и не использует нелинейных преобразований.

Известны и применяются на практике также нелинейные последовательности, так называемые *B*-последовательности. Методы генерирования *B*-последовательностей тоже основаны на теории конечного поля Галуа и используют сдвиговый регистр с линейной обратной связью. Однако при формировании *B*-последовательности содержимое сдвигового регистра подвергается уже некоторому нелинейному преобразованию с помощью одной из, так называемых, максимально-нелинейных булевых функций (*bent*-функций).

Это позволяет генерировать весьма широкий класс (и даже весьма много классов) *B*-последовательностей, равноценных по своим свойствам, что обеспечивается наличием у генератора целого ряда свободных параметров. *B*-последовательности обладают следующими весьма привлекательными свойствами [1].

1. Взаимно-корреляционные функции и уровень боковых лепестков функции автокорреляции *B*-последовательностей не превосходит величины $2^{n/2}+1$.

2. *B*-последовательности хорошо «сбалансированы», т.е. разность числа нулей и единиц в каждой последовательности равна 1.

3. Легко осуществляется «перенастройка» генератора с генерирования одной *B*-последовательности на генерирование другой, а также легко

осуществляется временной сдвиг генерируемой последовательности.

4. Максимальная длина линейного эквивалентного генератора, способного генерировать такую же последовательность, при n>4 значительно превышает число элементов памяти нелинейного генератора.

5. *B*-последовательности обладают высокой структурной сложностью, поэтому они трудно поддаются расшифровке и не могут быть быстро раскрыты и использованы для подавления радиосистемы.

В связи с этим практический интерес к *B*-последовательностям неуклонно возрастает [2,3]. Однако по настоящее время отсутствует доступная литература, где бы подробно описывалась методика расчета генераторов *B*-последовательностей. И в тоже время в математическом отношении эти расчеты, основанные на теории конечного поля и теории нелинейных булевых функций, достаточно сложны и требуют подробного изложения, чтобы стать доступными более широкой аудитории, а не только специалистам-математикам.

Авторами, в целях ликвидации указанного пробела, детально разобрана процедура формирования *B*-последовательностей, и дана оригинальная методика расчета параметров их генератора. На рис.1 приведена структурная схема генератора *B*-последовательностей.

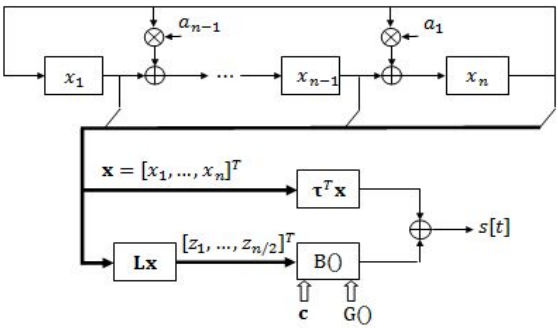


Рис.1. Структурная схема генератора B-последовательностей.

Генератор B-последовательностей содержит n-элементный сдвиговый регистр и блок формирования элементов последовательности, включающий как линейные, так и нелинейные преобразования наборов булевских переменных. Конкретный вид этих преобразований определяется рядом параметров: вектором $\boldsymbol{\tau}$, матрицей $\mathbf{L}$, вектором $\mathbf{c}$ и нелинейной функцией G. Возможность выбора этих параметров позволяет получать независимые ансамбли B-последовательностей.

Ниже приводятся результаты компьютерных расчетов для значения периода последовательности $N = 2^n - 1$, при $n = 4,\ 8, 12, 16$, т.е. для $N = 15, 255, 4095, 65535$, соответственно.

Результаты компьютерного расчета параметров генератора для последовательностей некоторых периодов

Для случаев $n = 4, 8, 12, 16$ получены следующие результаты.

1. При $n = 4$, $\mathrm{M}_4(x) = x^4 + x + 1$ имеем

$$\mathbf{L} = \begin{bmatrix} 0\,0\,1\,0 \\ 1\,1\,0\,1 \end{bmatrix},\ \boldsymbol{\tau} = [0\,0\,0\,1]^T.$$

Весь ансамбль (класс) состоит из $2^{n/2} = 4$ последовательностей (каждая из них определяется соответствующим набором двоичных коэффициентов $c = [c_1, c_2]^T$, функция G() – не используется). Сами эти последовательности (только один период) имеют вид: 000101011101011, 110000100101111, 001100110110101, 111001001110001. Их период $N = 2^n + 1 = 15$, максимальная длина линейного эквивалентного генератора $n_{max} = 4$.

Приведенные для $n = 4$ результаты компьютерного расчета совпадают с результатами, полученными в [5] без использования компьютерных вычислений.

2. При $n = 8$, $\mathrm{M}_8(x) = x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1$ имеем

$$\mathbf{L} = \begin{bmatrix} 0\,0\,1\,1\,0\,1\,0\,1 \\ 0\,1\,1\,1\,0\,1\,0\,1 \\ 0\,1\,0\,1\,0\,0\,0\,0 \\ 1\,1\,0\,0\,0\,0\,1\,0 \end{bmatrix},\ \boldsymbol{\tau} = [0\,0\,0\,0\,0\,1\,0\,0]^T.$$

Весь ансамбль состоит из $2^{n/2} = 16$ последовательностей. Причем имеется единственная, с точностью до линейного слагаемого, нелинейная функция 2-го порядка $G([z_1, z_2]) = z_1 z_2$, обеспечивающая максимальную длину линейного эквивалентного генератора, в данном случае равную $n_{max} = 36$. Период последовательностей $N = 255$.

3. При $n = 12$, $\mathrm{M}_{12}(x) = x^{12} + x^6 + x^4 + x + 1$ имеем

$$\mathbf{L} = \begin{bmatrix} 0\,1\,1\,1\,0\,0\,1\,0\,1\,0\,1\,1 \\ 1\,0\,1\,1\,0\,1\,1\,0\,1\,1\,0\,0 \\ 1\,1\,0\,0\,1\,1\,0\,1\,0\,1\,0\,0 \\ 1\,0\,1\,1\,0\,1\ 0\,0\,1\,1\,0\,1 \\ 1\,1\,0\,0\,0\,0\,1\,0\,1\,1\,1\,0 \\ 1\,0\,0\,0\,0\,1\,1\,1\,0\,1\,1\,0 \end{bmatrix},\qquad \boldsymbol{\tau} = [0\,0\,0\,0\,0\,0\,0\,0\,0\,0\,0\,1]^{\mathrm{T}}.$$

Причем в этом случае имеется 8 ансамблей последовательностей по $2^{n/2} = 64$ последовательности в каждом. Каждый ансамбль определяется одной из нелинейных функций 3-го порядка вида $G([z_1, z_2, z_3]) = z_1 z_2 z_3 + g_1 z_1 z_2 + g_2 z_1 z_3 + g_3 z_2 z_3$, где $g_1, g_2, g_3 \in \{0,1\}$ – произвольные коэффициенты и всего имеется 8 различных комбинаций значений этих коэффициентов. Любая из этих функций обеспечивает максимальную длину линейного эквивалентного генератора, в данном случае $n_{max} = 298$. Период последовательностей $N = 4095$.

4. При $n = 16$, $\mathrm{M}_{12}(x) = x^{16} + x^{12} + x^3 + x + 1$ имеем

$$\mathbf{L}=\begin{bmatrix}0\,0\,0\,1\,1\,0\,0\,1\,0\,0\,0\,1\,1\,1\,1\,1\\1\,1\,1\,1\,1\,0\,1\,1\,1\,1\,0\,0\,1\,1\,1\,0\\1\,1\,0\,0\,1\,1\,1\,0\,0\,0\,0\,0\,1\,1\,1\,1\\0\,1\,1\,0\,1\,0\,1\,0\,0\,1\,1\,0\,1\,1\,0\,0\\1\,0\,1\,1\,1\,0\,0\,1\,1\,1\,0\,1\,0\,0\,0\,0\\0\,1\,0\,1\,0\,0\,1\,1\,0\,0\,1\,1\,0\,0\,0\,1\\0\,0\,1\,1\,1\,1\,0\,0\,1\,1\,0\,0\,1\,0\,0\,0\\1\,0\ 1\,0\,0\,0\,0\,0\,1\,0\,1\,0\,1\,1\,0\,1\end{bmatrix},\ \boldsymbol{\tau}=[0\,0\,0\,0\,0\,0\,0\,0\,0\,0\,0\,0\,0\,1\,0\,1]^{\mathrm{T}}.$$

В этом случае имеется уже 1024 ансамбля последовательностей по $2^{n/2}=256$ последовательности в каждом. Каждый ансамбль определяется одной из нелинейных функций 4-го порядка вида

$$G([z_1,z_2,z_3,z_4])=$$
$$=z_1z_2z_3z_4+\sum_{\substack{\{k_1k_2k_3\}\subset\\ \subset\{1,2,3,4\}}}g_{k_1k_2k_3}z_{k_1}z_{k_2}z_{k_3}+\sum_{\substack{\{m_1m_2\}\subset\\ \subset\{1,2,3,4\}}}g_{m_1m_2}z_{m_1}z_{m_2}$$

где $g_{k_1k_2k_3}$, $g_{m_1m_2}\in\{0,1\}$ – произвольные коэффициенты, причем суммирование в первой сумме осуществляется по всем 3-х элементным подмножествам, а во второй – по всем 2-х элементным подмножествам множества $\{1,2,3,4\}$. Таким образом, первая сумма дает $C_4^3=4$, а вторая – $C_4^2=6$, т.е. всего 10 слагаемых с произвольными коэффициентами из $\{0,1\}$, что и дает 1024 варианта. Любая из этих функций обеспечивает максимальную длину линейного эквивалентного генератора, в данном случае $n_{max}=2516$. Период последовательностей $N=65535$.

Ясно, что в общем случае при заданном n каждый ансамбль определяется одной из функций порядка $n/2$ за вычетом ее аффинной составляющей в представлении в виде многочлена Жегалкина.

Во всех рассмотренных случаях соответствующие *B*-последовательности легко воспроизводятся (генерируются) по формуле (4).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Заданная длина сдвигового регистра n и заданный минимальный многочлен $\mathrm{M}_n(x)$ определяют (не однозначно) матрицу $\mathbf{L}$ и вектор-столбец $\boldsymbol{\tau}$. Эти параметры (константы) являются одними и теми же для всех генераторов, формирующих последовательности данного периода. Чтобы переключить генератор на формирование какой-либо другой последовательности в пределах одного класса, необходимо лишь изменить свободный векторный параметр $\mathbf{c}$. А для того, чтобы переключить генератор на формирование какой-либо последовательности другого класса, требуется изменить вид нелинейной булевой функции $G()$ (при $n=4$ в генераторе функция $G()$ не используется). Причем, чтобы добиться наибольшей длины эквивалентного линейного генератора, следует использовать нелинейную функцию максимально возможного порядка $n/4$.

Кроме того, при расчете константных параметров $\mathbf{L}$ и $\boldsymbol{\tau}$ имеются неко-

торые степени свободы, которые в предыдущем разделе, для определенности, разрешались следующим образом. В формуле (7) полагалось $m = 0$, и из 2-х решений, представленных в (16), выбиралось 1-ое. Стандартный базис (9) строился на основе примитивного элемента $\beta = \alpha^{2^{n/2}+1}$. Однако, как известно, если β – примитивный элемент поля $GF(2^m)$, то любой другой примитивный элемент этого поля равен β^k, где k – любое натуральное число, взаимно простое с $2^m - 1$. В рассматриваемом случае $m = n/2$, поэтому число всех различных примитивных элементов поля равно значению функции Эйлера $\varphi(2^{n/2} - 1)$. Выбрав в (7) любое другое значение m, или используя 2-ое решение в (16) , или выбрав другой примитивный элемент для построения базиса (9), мы получили бы другие **L** и **τ**. Таким образом, если провести оптимизацию, можно минимизировать число единиц в **L** и **τ** [5].

Библиографический спинок

1. Olsen J.D., Scholtz R.A., Welch L.R. *Bent*-function sequences. – IEEE 1982, v. IT-28, № 6, p. 858-864.

2. Токарева Н. Н. Нелинейные булевы функции: бент-функции и их обобщения // Издательство LAP LAMBERT Academic Publishing (Saarbrucken, Germany), 2011. ISBN: 978-3-8433-0904-2. 180 с.

3. Cheng J. Hua, J. Zhu, L. Tong, L. Meng. Fast generation method of bent sequences and its application in ADS simulation. // WASE International Conference on Information Engineering, China, Beidaihe, 2010. С. 328-331.

4. Федоров В.Б., Парамонов А.А., Куликов Г.В. Стариковский А.И. (RU), Библиотека функций для системы MATLAB для расчета параметров нелинейного генератора псевдослучайных последовательностей и генерации таких последовательностей (свидетельство о рег. программы для ЭВМ). № 2012611440, зарег. в Реестре программ для ЭВМ 7.02.2012 г., приоритет от 13.12.2011 г.

5. Артамкин И.В., Стариковский А.И. Генерирование семейства нелинейных последовательностей. Известия ВУЗов СССР, сер. «Радиоэлектроника», том 29, № 9. –М.,1986, с.46-52.

METHODS FOR FORMING THE FAMILY OF NON-LINEAR B-SEQUENCES

© ***Starikovskiy A.I., Fedorov V.B.***
Moscow Technological University, Moscow, Russia
e-mail: starikovski@mirea.ru

Abstract. Possible variants for constructing a generator of nonlinear periodic pseudorandom binary B-sequences based on the theory of the function functions are considered. Possible ways of forming a family of such sequences with a given repetition period are described.

Keywords. Pseudo-random generation, binary B-sequence, not-function.
УДК 621.391

ОБОБЩЕНИЯ КОДОВ БАРКЕРА

© М.М.Сенявин
Московский технологический университет, Россия, Москва
e-mail: senyavin@mirea.ru

Аннотация. Рассматриваются числовые последовательности, состоящие из элементов +1 и -1, имеющие большую длину и моделирующие серии двоичных фазоманипулированных сигналов. Формулируется оптимизационная задача, обобщающая задачу генерации кодов Баркера; для её решения применяются теоретические и экспериментальные методы. Обсуждаются полученные результаты.

Ключевые слова. Коды Баркера, оптимизационная задача, метод множителей Лагранжа.

Кодом Баркера называется последовательность чисел $\{a_1, a_2, ..., a_n\}$, каждое из которых равно 1 или -1, обладающая следующим свойством: если рассмотреть суммы $f_j = \sum_{i=1}^{n-j} a_i a_{i+j}$ для $j = 1,2,...,n-1$, то максимум абсолютных величин этих сумм равняется 1. Такие последовательности используются при проектировании радиолокационных приборов и устройств; они моделируют двоичные фазоманипулированные лоцирующие сигналы [1, с.165]. При этом величина $\max|f_j|/n$ служит характеристикой точности результатов локации: она равна величине так называемого «бокового лепестка» функции неопределенности (подробнее см. [1, гл. 4]).

Известны коды Баркера длины $n = 2,3,4,5,7,11,13$ и доказано, что для других значений *n* кодов Баркера не существует [1, с.168].

В докладе рассматриваются более длинные последовательности чисел, абсолютная величина каждого из которых равна 1 и изучается вопрос о минимально возможном значении критерия $\max|f_j|$ и последовательности, доставляющей это минимальное значение. Если для какой-либо последовательности окажется справедливым неравенство $\frac{\max|f_j|}{n} < \frac{1}{13}$, то

она может считаться улучшением кодов Баркера и найти практическое применение.

Математическая формулировка задачи об обобщенном коде Баркера имеет следующий вид:

$$\max\left|\sum_{i=1}^{n-j} a_i a_{i+j}\right| \to \min,$$

$$a_i^2 - 1 = 0, \quad 1 \le i \le n$$

(вектором поисковых переменных здесь служит $(a_1, a_2, ...a_n)$). Минимизируемая функция этой задачи не является всюду дифференцируемой, что затрудняет применение стандартных методов оптимизации. Более удобная равносильная формулировка имеет такой вид:

$$y \to \min$$

$$\left(\sum_{i=1}^{n-j} a_i a_{i+j}\right)^2 - y^2 \le 0, 1 \le j \le n-1,$$

$$a_i^2 - 1 = 0, 1 \le i \le n$$

(здесь вектор поисковых переменных имеет компоненты $y, a_1, a_2, ..., a_n$, причем $y \in (-\infty; +\infty)$). К этой задаче можно применить необходимое условие оптимальности в форме метода множителей Лагранжа [2, гл. 4, п.8] и записать соответствующую систему нелинейных алгебраических уравнений, однако её непосредственное численное решение (например, методом Ньютона) затрудняется высокой размерностью (3*n* уравнений и 3*n* неизвестных).

Для приближенного решения поставленной задачи была использована следующая стратегия поиска. Осуществлялся перебор (как случайный, так и детерминированный) нескольких последовательностей, каждый член которых равнялся 1 или -1, из них выбиралась наилучшая (возможно, было несколько равноценных) и для неё проверялось выполнение необходимых условий оптимальности. Первое условие состоит в том, что изменение величины любого элемента a_i на противоположную не должно уменьшать значение минимизируемой функции. Если это условие не выполняется, то на следующем шаге алгоритма рассматривается последовательность с одним измененным элементом и соответственно уменьшенным значением минимизируемой функции.

Если же первое условие выполняется, то записывается система алгебраических уравнений, порождаемая методом множителей Лагранжа и проверяется наличие её решений, содержащих анализируемую последовательность как фрагмент вектора решений.

В результате проведенных исследований были найдены несколько последовательностей типа кодов Баркера, удовлетворяющих обоим необходимым условиям оптимальности и оценены возможные значения целевой функции задачи об обобщении кода Баркера.

Библиографический список

1. Радиотехнические системы. – под ред. Ю.М.Казаринова. М., ИЦ «Академия», 2008. - 592 с.

2. Васильев Ф.П. Численные методы решения экстремальных задач. – М., «Наука», 1988. – 552 с.

GENERALISATION OF BARKER'S CODES

© M.M.Senyavin

Moscow technological university, Moscow, Russia

e-mail: senyavin@mirea.ru

Abstract. The long sequences of real numbers are researched. Each element equals to 1 or -1 and the sequence is a model of the series of phase-manipulated signal with two positions. The optimization problem generalized the Barker's code problem is formulated and approximately decided by theoretical and experimental methods.

Key words: Barker's codes, optimization problem, Lagrange multiplyers method.

УДК 621.374.33

ВЫСОКОТОЧНЫЕ МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ОЦИФРОВКИ СВЕРХКОРОТКОИМПУЛЬСНЫХ СИГНАЛОВ

© М.С. Костин, К.А. Бойков
Московский технологический университет, Москва, Россия
e-mail: mihailkos@mail.ru, *nauchnyi@yandex.ru*

Аннотация. Рассмотрены методы и средства циклогенеративной атактовой оцифровки сверхкороткоимпульсных сигналов, позволяющие, в отличие от стробоскопических, восстановить и воспроизвести субнаносекундный радиоимпульс за однократный прием. Приведены основные достоинства и недостатки способа временного разделения, а также способа циклоподобной регенерации нестационарных сигнальных процессов на базе быстродействующей полупроводниковой электроники. Сформулированы перспективы и пути развития средств радиофотонных технологий скоростной оцифровки субнаносекундных радиоимпульсов.

Ключевые слова. Высокоскоростной АЦП, циклоподобная регенерация сверхкороткоимпульсных сигналов, атактовая оцифровка, стробфрейм-дискретизация, субнаносекундный радиоимпульс, радиофотоника.

Одним из основных элементов преобразования электромагнитных колебаний в цифровой код, позволяющий решать задачи численного анализа и обработки радиосигналов, является аналого-цифровой преобразователь (АЦП). Одновременно со своей решающей необходимостью, АЦП является первичным звеном, к которому предъявляются особые требования в обеспечении временного и, как следствие, частотного разрешения для систем обработки сверхкороткоимпульсных (СКИ) сигналов. Это обусловлено тем, что на сегодняшний день штатные схемотехнические решения сверхбыстродействующих параллельных АЦП имеют частоту дискретизации не более 3 Гвыб/с. При обработке субнаносекундных импульсов использование даже таких сверхбыстродействующих АЦП в классическом включении мало эффективно. В качестве альтернативы применению параллельного сверхвысокоскоростного АЦП часто используется подход, который заключается в чередовании нескольких АЦП с более низкой частотой дискретизации, что обеспечивает высокую частоту дискретизации в совокупности [1]. Каналы таких структур расположены со сдвигом во времени ΔT, который определяется частотой следования импульсов строба. Так, на структурной схеме, изображенной на рис.1, СКИ-сигнал, принятый антенной (АНТ), усиливается широкополосным усилителем (ШУ); далее сигнал поступает на входы нескольких АЦП, разрешение на преобразова-

ние которым поступает от регистра сдвига (РС).

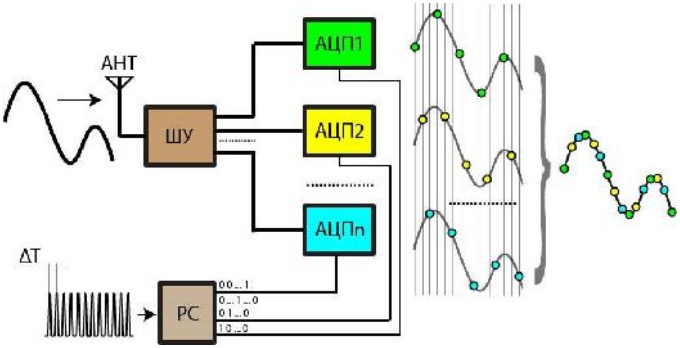


Рис.1. Структурная схема АЦП с временным уплотнением.

Данный подход позволяет использовать АЦП высокого разрешения с низкой частотой дискретизации, но не устраняет необходимость в высокоточной синхронизации и генерации стробирующих импульсов, поскольку любые отклонения синхронизации приведут к ложным всплескам в обрабатываемом радиосигнале, искажая восстановленный сигнал в той или иной степени. Одновременно с этим, для увеличения точности восстановления исходного сигнала необходимо использовать как можно больше АЦП, что существенно снижает эффективность схемы в целом, увеличивая ее энергопотребление.

1. Модель циклоподобной регенерации СКИ-сигналов

Предлагаемая в работе [2] технология строб-фрейм-дискретизации (СФД) исключает недостатки аналогового приема и технологии масштабно-временной трансформации, в том числе высокочастотное тактирование регистров сдвига для выборки цифровых отсчетов. Принятая за основу технологии СФД атактовая оцифровка предполагает селективное тактирование счетной цифровой логики, представляющей собой массив из счетчиков в составе с разрешающими элементами скоростного захвата D-триггерами. Однако технология СФД имеет недостаток, связанный с необходимостью стробоскопического приема СКИ с целью его восстановления и не позволяет полностью воспроизвести СКИ за однократный прием, хотя и обеспечивает его обнаружение.

Одним из вариантов модификации технологии СФД для воспроизведения СКИ-сигнала за однократный прием, можно рассмотреть использование комплементарной пары «широкополосный усилитель-делитель», позволяющей ввести в замкнутый цикл и усиливать затухающий сигнал, одновременно с этим отдавая его энергетическую часть для дальнейшего

стробоскопического преобразования (рис.2).

В схеме, приведенной на рис.2, СКИ-сигнал, принятый антенной, поступает на линию с задержкой равной длительности сигнала Δt (ЛЗ1) и быстродействующий переключатель (К).

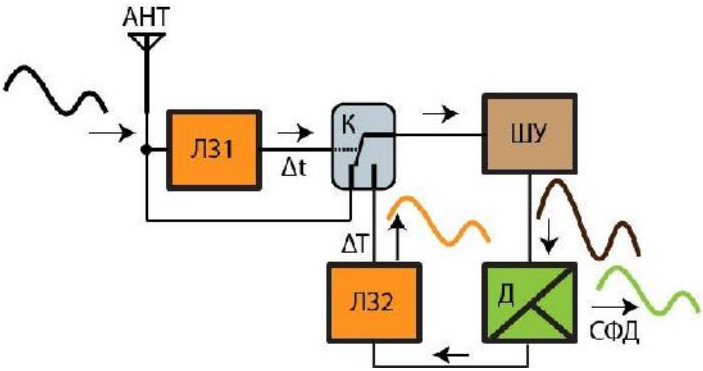


Рис.2. Модель циклоподобной регенерации нестационарных сигнальных процессов.

После того, как СКИ-сигнал попадает на ШУ, через время Δt ключ переключается. Часть усиленного сигнала от делителя (Д) идет на схему СФД, часть на ЛЗ2, задерживается на время ΔТ > Δt, после чего, через замкнутый ключ попадает на ШУ.

Существенными недостатками данного метода, являются нелинейные искажения «зацикленного» сигнала после каждой операции усиления-задержки-деления, обусловленные наличием в ШУ элементов с нелинейной вольт-амперной характеристикой. Нелинейные искажения можно оценить с помощью коэффициента гармоник $K_Г$ [3]:

$$K_Г = \sqrt{\frac{U_2^2 + U_3^2 + U_n^2}{U_1^2}} \qquad (1)$$

Также может возникнуть сложность поддержания сигнала заданного уровня, при возможном насыщении ШУ, либо полном затухании сигнала, что существенно ограничивает количество операций регенеративного циклопреобразования.

2. Высокоточные системы радиофотонной оцифровки

Рассмотрение прогрессивных методов высокоскоростной оцифровки СКИ-сигналов невозможно без использования перспективных средств радиофотонной технологии, являющейся актуальным развитием высокоточ-

ных систем сверхширокополосной радиолокации и радиовидения.

Так, в середине 80-х годов XX столетия было известно, что сверхкороткие импульсы, генерируемые лазерами с синхронизацией мод, могут быть использованы для реализации дискретизации при высокоточном аналого-цифровом преобразовании [4]. На сегодняшний момент времени лазеры с модовой синхронизацией, способные генерировать субпикосекундные и фемтосекундные импульсы, с высокой временной стабильностью дискретизирующих импульсов, находятся в свободном коммерческом доступе и выпускаются такими производителями, как Thorlabs (США), Onefive (Швейцария), EKSMA OPTICS (Литва), и др.

Типовая модель схемы АЦП с лазерной (фотонной) дискретизацией показана на рис.3.

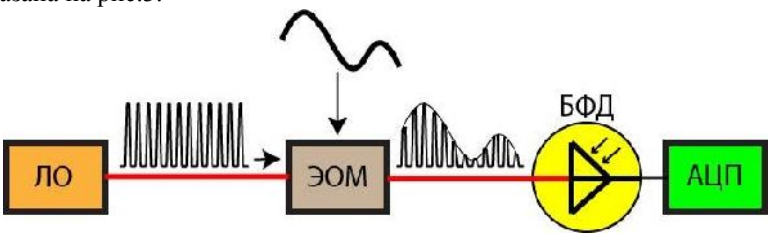


Рис.3. Структурная схема фотонного АЦП на базе электрооптического модулятора.

Все временные характеристики в приведенной схеме задаются малошумящими, сверхточными оптическими импульсами от лазерного осциллятора с модовой синхронизацией (ЛО). Время выборки задается шириной импульса и периодом ЛО, частота дискретизации – частотой повторения импульсов. Стробирующие импульсы модулируются при помощи высокоскоростного электрооптического модулятора (ЭОМ) и могут быть детектированы быстродействующим фотодиодом (БФД). Фотонная дискретизация улучшает временные параметры системы, но не уменьшает скорость, с которой должно выполняться квантование, что требует использования высокоскоростной элементной компонентной базы.

Как и в технологии СФД, требования к скорости дискретизации может снизить временное разделение оптического сигнала с использованием электрооптического коммутатора (ЭОК) в несколько каналов для отдельных АЦП (рис.4).

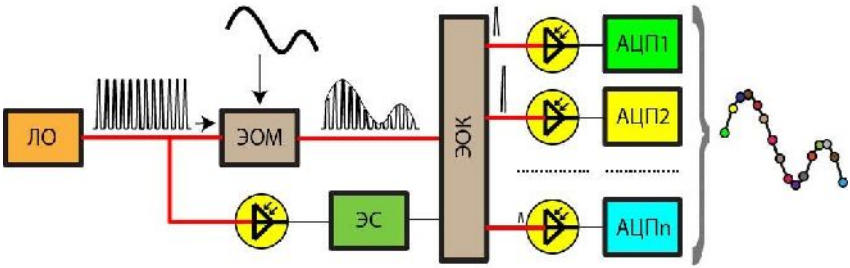


Рис.4. Структурная схема фотонного АЦП с временным разделением.

Данная архитектура устраняет необходимость в высокоточной синхронизации и генерации строба, поскольку ЛО выдает сверхточные оптические импульсы. Одновременно с этим необходимо заметить, что электронный согласующий преобразователь (ЭС), конвертирующий детектированный БФД строб-импульс в электронный сигнал, вносит ограничение по быстродействию переключения ЭОК. Также схема ограничена максимальным количеством каналов коммутирования, что уменьшает точность восстановления исходного СКИ-сигнала за один прием.

Недостатки этого решения можно устранить, оптически модифицируя схему, представленную на рис.2, заменив широкополосный усилитель на оптоволоконный (ОУ), быстродействующий переключатель на оптические изоляторы (ОИ), электронный делитель сигнала на оптический расщепитель (ОД), электронную линию задержки на оптоволоконную линию задержки (ОЛЗ). По аналогии со схемой, представленной на рис.3, СКИ-сигнал модулирует строб-импульсы от ЛО при помощи ЭОМ. Обратное преобразование осуществляется посредством БФД. Полученный сигнал поступает для дальнейшего стробоскопического преобразования (рис.5).

Достоинства данного решения очевидны. Поскольку в схеме регенеративного циклопреобразования отсутствуют полупроводниковые нелинейные элементы, то искажения, вносимые в итоговый сигнал после усиления ОУ линейны и в априори предсказуемы, что позволяет увеличить количество циклов преобразования сигнала. Также, благодаря ОИ, которые пропускают оптический сигнал только в одном направлении, отсутствует необходимость в быстродействующих переключателях.

Недостатком данной схемы можно отметить сложность энергетиче-

ского поддержания сигнала заданного уровня, при возможном насыщении ОУ, либо полном затухании сигнала, а также ограниченные возможности ЛО по частоте формирования строб импульсов.

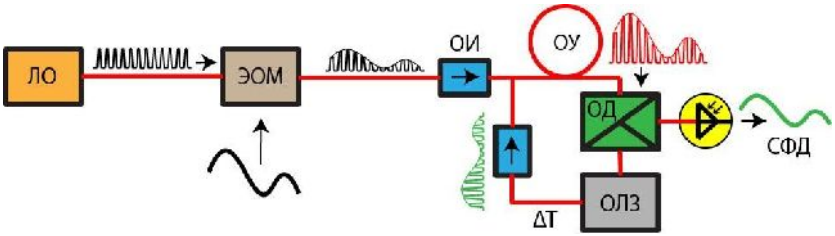


Рис.5. Модифицированная схема высокоскоростного радиофотонного АЦП на базе серии субпикосекундных строб-импульсов.

Для устранения ограничения возможности ЛО по частоте формирования строб импульсов, можно использовать одиночный импульс от ЛО, длительность которого должна быть больше длительности принимаемого сигнала (рис.6).

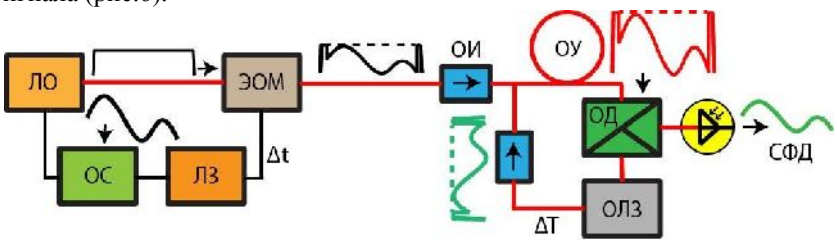


Рис.6. Модифицированная схема высокоскоростного радиофотонного АЦП на базе одиночного строб-импульса заданной протяженности.

От обнаружителя сигнала (ОС) через ЛЗ со временем задержки Δt, равным времени обнаружения, СКИ-сигнал модулируется импульсом от ЛО. Дальнейший путь прохождения сигнала аналогичен пути, представленному на рис.5.

Таким образом, рассмотренные методы и средства оцифровки СКИ-сигналов, в отличие от стробоскопических, позволяют восстановить и воспроизвести субнаносекундный радиоимпульс за однократный прием, обеспечивая те же показатели по точности. Системы, построенные на основе модели с циклоподобной регенерацией нестационарных сигнальных процессов, имеют неоспоримое преимущество перед моделями с временным

разделением каналов АЦП по количеству возможных циклов обработки. Вместе с тем прогрессивные средства радиофотонной технологии опережают классические высокоскоростные полупроводниковые системы по точности и скорости формирования стробирующих импульсов, а так же из-за минимизации влияния элементов с нелинейными характеристиками, способны увеличить количество циклов обработки в режиме циклоподобной регенерации радиоимпульсов, открывая дальнейшие перспективы проведения научных исследований в данном направлении.

Библиографический список

1. Patrick T. Callahan, Michael L. Dennis, and Thomas R. Clark Jr. Photonic Analog-to-Digital Conversion. // Johns Hopkins APL Technical Digest, Vol. 30, №4, 2012, p. 280-286.

2. Будагян И.Ф., Костин М.С., Шильцин А.В. Строб-фрейм-дискретизация радиоимпульсов субнаносекундного диапазона. // Радиотехника и электроника, 2017, Т.62, № 5, с. 486-492.

3. Гусев В.Г. Гусев Ю.М. Электроника и микропроцессорная техника. – М.: Высшая школа, 2005. – 790 с.

4. Taylor, H. F., An Electrooptic Analog-to-Digital Converter. // Proc. IEEE 63(10), 1975, p. 1524-1525.

HIGH-PRECISION METHODS AND MEANS OF DIGITIZING OF ULTRA-SHORT PULSE SIGNALS

© M.S. Kostin, K.A. Boikov
Moscow Technological University, Moscow, Russia
e-mail: mihailkos@mail.ru, *nauchnyi@yandex.ru*

Abstract. The methods and means of cycle-generation aclock the digitization of ultrashort pulse signals are considered, which, unlike stroboscopic, can be used to reconstruct and reproduce the subnanosecond radio pulse for a single reception. Shows the main advantages and disadvantages of the time separation method as well as the method of cyclopean regeneration of non-stationary signaling processes on the bas ultra-fast semiconductor electronics and promising means of radio-photon technology are presented. Prospects and ways of development of means of radio-photon technologies for high-speed digitization of subnanosecond radio pulses are formulated.

Keywords. Ultra-high-speed ADC, cyclopean regeneration of ultra-short impulse signals, aclock digitization, strobe-frame-sampling, subnanosecond pulse, radio-photonics.

УДК 53.087.4

АНАЛИЗ ВАРИАЦИЙ КРИТИЧЕСКОЙ ЧАСТОТЫ СРЕДНЕШИРОТНОЙ ИОНОСФЕРЫ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДАЛЬНЕЙ РАДИОСВЯЗИ

© Рождественский Д.Б., Рождественская В.И., Телегин В.А.
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН, Москва, Россия
e-mail: telvika@gmail.com, veraro2011@yandex.ru

Аннотация. Рассмотрены вариации критической частоты ионосферы на примере среднеширотной станции Москва по пятнадцатиминутным данным ионозонда. Показано, что технология спектрального представления вариаций критической частоты как сложного сигнала позволяет выделить отдельные составляющие и получить предварительную оценку их вклада в процессы, происходящие в ионосфере. Предложенная технология спектрального представления критической частоты проведена с целью оценки ее влияния на точность прогноза оптимальных рабочих частот дальней радиосвязи.

Ключевые слова: прогноз, дальняя радиосвязь, ионосфера, спектральный анализ.

ANALYSIS VARIATIONS OF THE CRITICAL FREQUENCY OF THE MIDLATITUDE IONOSPHERE WITH THE AIM OF INCREASING THE EFFICIENCY OF LONG-RANGE RADIO TELECOMMUNICATION

Rozhdesvensky D.B., Rozhdesvenskaya V.I., Telegin V.A.

Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Propagation of the Russian Academy of Science, Moscow, Russia, e-mail:
telvika@gmail.com, veraro2011@yandex.ru

Abstract. Considered variations of the critical frequency of the ionosphere on the example of the mid-latitude station Moscow at the fifteen-minute data of ionosonde. It is shown that the technology spectrum representation of variations the critical frequency as a complex signal allows to allocate a separate components and to obtain a preliminary assessment of the contribution of individual components in the processes occurring in the ionosphere. Proposed the technology representation of a complex signal the critical frequency conducted to assess its impact on forecast accuracy optimal operating frequency long-distance radio telecommunication

Keywords: forecast, long-range radio communications, the ionosphere, spectral analysis.

УДК 534.08: 534.213

ФОРМИРОВАНИЕ И ОБРАБОТКА ПРОСТРАНСТВЕННО–ВРЕМЕННЫХ СИГНАЛОВ В МНОГОЭЛЕМЕНТНОМ АКУСТИЧЕСКОМ МИКРОСКОПЕ

***© С. А. Титов*[1], *Р.Г. Маев*[1], *А.Н. Богаченков*[2]**
[1]***Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля, Москва, Россия***
[2]***Московский технологический университет, Москва, Россия***

Аннотация. Рассмотрен многоэлементный линзовый акустический микроскоп, в котором используется комбинация ультразвуковой решетки и акустической линзы. На основе построенной модели микроскопа показано, что обработка его пространственно–временного сигнала позволяет производить электронное сканирование в поперечном и продольных направлениях, осуществлять коррекцию аберраций и оценивать функцию рассеяния наблюдаемых акустических неоднородностей. Результаты теоретического анализа подтверждены экспериментально с помощью микроскопа с двумерной ультразвуковой решеткой и сферической линзой.

Ключевые слова. Акустическая микроскопия, ультразвуковая решетка, функция рассеяния, пространственно–временной сигнал.

Акустический микроскоп является прибором, служащим для ультразвуковой визуализации и количественной характеризации упругих свойств объектов различной природы. Высокое пространственное разрешение достигается в акустическом микроскопе за счет применения сфокусированных высокочастотных ультразвуковых волн. Применение этого прибора представляется эффективным для неразрушающего исследования и дефектоскопия различных материалов и изделий в радиоэлектронике, приборостроении, машиностроении и других областях.

В подавляющем большинстве случаев акустический микроскоп построен по конфокальной схеме, в которой одиночный ультразвуковой элемент излучает и принимает ультразвуковые волны, сфокусированные акустической линзой. В такой схеме положение фокуса является фиксированным, в связи с чем формирование изображения производится путем механического сканирования всего ультразвукового блока микроскопа относительно образца. Недавно была предложена схема акустического микроскопа, в которой вместо одиночного преобразователя используется решетка ультразвуковых элементов. Такой многоэлементный микроскоп позволяет не только поднять производительность за счет замещения механического сканирования электронным, но и повысить информативность исследований.

В данной работе рассмотрены основные принципы формирования и

обработки пространственно–временного сигнала многоэлементного линзового микроскопа с целью осуществления электронного сканирования при построении ультразвуковых изображений, перестройки положения фокуса по глубине, и количественной характеризации наблюдаемых структурно–механических неоднородностей.

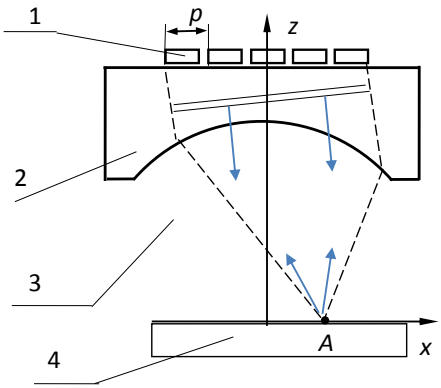


Рис. 1. Схема многоэлементного акустического микроскопа: 1 – ультразвуковая решетка; 2 – акустическая линза; 3 – иммерсионная жидкость; 4 – образец.

В предложенной схеме микроскопа (рис. 1) ультразвуковая решетка 1 располагается в задней фокальной плоскости акустической линзы 2. Волны, прошедшие через линзу, распространяются в иммерсионной среде 3, в которой находится исследуемый объект 4. Элементы ультразвуковой решетки возбуждаются последовательно индивидуальными электрическими сигналами, а для каждого передающего элемента отраженные от образца волны принимаются всеми элементами и преобразуются в цифровую форму. Таким образом, для двумерной решетки полный пространственно–временной сигнал микроскопа можно представить в виде $s_{jkmn}(t)$, где t – время $1 \le j, k, m, n \le N$, N – число строк (столбцов) в решетке. Данный сигнал, как функцию положений передающего и приемного элементов $\vec{r}_1$ и $\vec{r}_2$ можно выразить через функцию рассеяния объекта S_0:

$$s\left(r_1, r_2, t\right) = \frac{d^2}{dt^2} \int_{-\infty}^{\infty} S_0\left(\frac{r_1 k_0}{F}, \frac{r_2 k_0}{F}, \omega\right) \exp\left(-i\omega t\right) d\omega, \qquad (1)$$

где k_0 – волновое число, F – фокусное расстояние. Функция рассеяния S_0 () определяет амплитуды составляющих пространственного спектра рассеянной волны, порождаемой падающей плоской волной. Направления распро-

странения этих составляющих пространственных спектров задаются величинами вида $\sin\theta = x/F$. Таким образом, выходной сигнал решетки непосредственно определяет функцию рассеяния и выявляет тонкую структуру рассеяния ультразвука на наблюдаемой неоднородности. Было продемонстрировано, что анализ функции рассеяния позволяет оценивать ориентацию и размер неоднородностей, размер которых сравнимых с разрешающей способностью. Получить такие оценки исходя из результирующих изображений представляется крайне затруднительным.

Формирование изображений в многоэлементном линзовом микроскопе может быть выполнено с помощью методов, развитых в теории фазированных решеток [1, 2, 3]. Для фокусировки зондирующей волны в некоторой точке фокальной плоскости линзы возбуждение и прием сигналов решетки производится с временным сдвигом, линейно изменяющимся по апертуре решетки. Математически данная процедура электронной фокусировки может быть сведена к направленному суммированию, выражаемому многомерным интегралом:

$$W\left(s_1, s_2, \tau\right) = \int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty} \mathrm{s}\left(r_1, r_2, \tau + s_1 \cdot r_1 + s_2 \cdot r_2\right) dr_1 dr_2 \,, \qquad (2)$$

где переменные s_1, s_2 показывают скорость изменения задержки по апертуре решетки. Окончательно изображение получается, если положить $s_1 = s_2 = r_f / FC_W$

$$I\left(r_f, \tau\right) = W\left(\frac{r_f}{FC_W}, \frac{r_f}{FC_W}, \tau\right) \,, \qquad (3)$$

где $\vec{r}_f$ есть координата точки фокусировки. Смысл приведенного алгоритма заключается в следующем. При возбуждении элементов решетки электрическими сигналами с временными задержками $\vec{s}_1 \cdot \vec{r}$ излучается плоская зондирующая волна, которая фокусируется акустической линзой в точку фокальной плоскости с координатой $\vec{r}_f$. Волна, рассеянная этой точкой, трансформируется в плоскую волну, падающую на поверхность решетки под углом. Соответствующее распределение времен прихода этой волны и компенсируется при обработке принятого пространственно–временного сигнала.

Помимо электронного сканирования в фокальной плоскости и построения ультразвукового изображения, обработка полного пространственно–временного сигнала дает возможность производить перестройку положения фокуса по вертикали и осуществлять компенсацию аберраций, возникающих при фокусировке внутри объекта. Пусть поверхность объекта смещена из фокальной области на величину Δz, а точка наблюдения заглублена внутрь твердотельного образца на глубину *d*. Тогда для фокуси-

ровки необходимо провести компенсацию дополнительных временных сдвигов, которые приобретают сигналы, генерируемые различными парами излучающих и принимающих элементов. В параксиальном приближении величина этой временной коррекции равна:

$$\tau = \tau_W + \tau_L = \frac{2d}{C_L} + \frac{2\Delta z}{C_W} - \frac{\left(r_1^2 + r_2^2\right)}{2C_W F^2}\left(\Delta z + \frac{C_L}{C_W} d\right), \qquad (4)$$

где C_W, C_L – скорости ультразвука в иммерсионной жидкости и образце, соответственно.

Экспериментальное подтверждение предложенных методов обработки было проведено с помощью ультразвуковой решетки квадратных элементов, расположенных с периодом p = 1.25 мм. Центральная частота решетки была равна 15 МГц, число строк N=8. Фокусное расстояние акустической линзы F=29 мм, половинный апертурный угол объектива был равен $\theta_m \approx 10^\circ$.

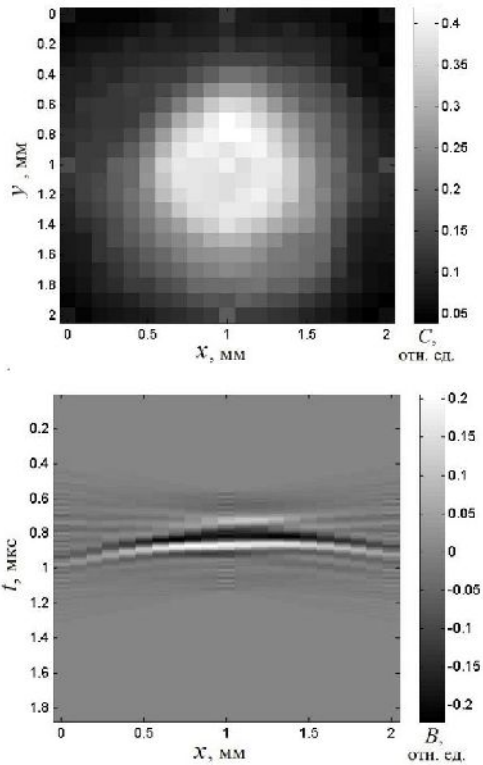


Рис. 2. Изображения $C(x, y)$ и $B(x, t)$ шарика без коррекции положения фокуса, $\Delta z = 7.5$ мм

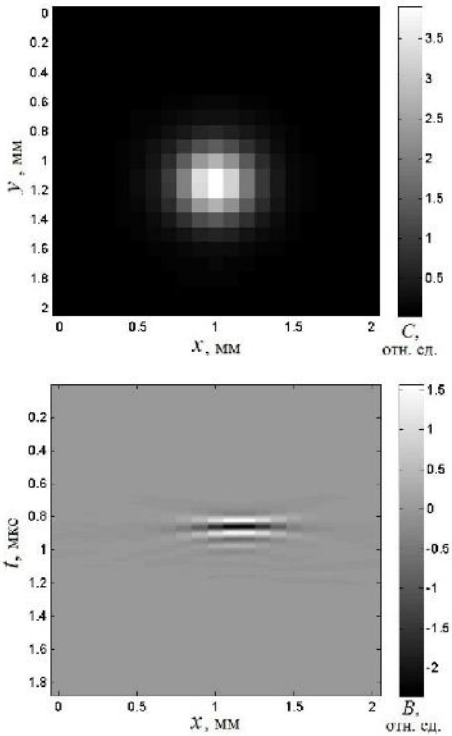


Рис. 3. Изображения $C(x,y)$ и $B(x,t)$ шарика после коррекции положения фокуса, $\Delta z = 7.5$ мм

На рис. 2 и 3 показаны результаты визуализации стального шарика с диаметром 0.5 мм, смещенного из фокальной плоскости на расстояние $\Delta z = 7.5$ мм. Изображения представлены в формате $C(x,y)$, отображающем двумерное распределение максимальной амплитуды, и в формате $B(x,t)$, показывающем в полутоновом виде выходной сигнал при фиксированной координате *y*. Для малой угловой апертуры такой шарик представляет собой практически точечный отражатель. Как следует из сравнения данных, представленных на рис. 2 и 3, коррекция закона фокусировки позволяет получить четкое изображение шарика. Размер полученного изображения, которое может служить оценкой пространственного импульсного отклика, составляет примерно 0.3 мм, что соответствует значению разрешающей способности, рассчитанной для параметров эксперимента в соответствии с классическим критерием.

Полученные результаты показывают, что многоэлементный линзовый микроскоп не уступает одноэлементному микроскопу по основным параметрам, определяющим качество изображений, однако за счет цифровой обработки пространственно–временного сигнала многоэлементный микроскоп обладает более высокой производительностью и информативностью.

Рассмотрены основные методы формирования и обработки пространственно–временного сигнала многоэлементного линзового акустического микроскопа, в котором вместо одиночного пьезопреобразователя используется ультразвуковая решетка. Показано, что обработка сигнала многоэлементного микроскопа позволяет производить электронное сканирование в поперечном и продольных направлениях, осуществлять коррекцию аберраций и оценивать функцию рассеяния наблюдаемых акустических неоднородностей.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-07-01236.

Библиографический список

1. Maev R. Advances in acoustic microscopy and high resolution imaging: from principles to applications. Weinheim, Germany: Wiley-VCH, 2013. 400 p.

2. Azhari H. Basic of biomedical ultrasound for engineers. Hoboken, New Jersey, USA: John Willey & Sons, 2010. P. 173.

3. С.А. Титов, Р.Г. Маев, Линзовый акустический микроскоп с двумерной ультразвуковой решеткой. Письма в ЖТФ, 2016, том 42, вып. 9, С. 8-15.

GENERATION AND PROCESSING OF SPATIO–TEMPORAL SIGNALS IN MULTI–ELEMENT ACOUSTIC MICROSCOPE

***© S.A. Titov*[1], *R.G. Maev*[1], *A.N. Bogachenkov*[2]**
[1]***Emanuel Institute of Biochemical Physics of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia***
[2]***Moscow Technological University, Moscow, Russia***

Abstract. A multi–element lens acoustic microscope built on combination of ultrasonic array and acoustic lens is considered. Based on the developed model of the microscope it is shown that the electronic scanning in longitudinal and transverse directions, compensation of aberrations and estimation of scattering functions of visualized acoustic discontinuities are possible using the spatio–temporal signal processing. The results of theoretical analysis are experimentally validated with the microscope equipped with the two–dimensional ultrasonic array and spherical lens.

Keywords. Acoustic microscopy, ultrasonic array, scattering function, spatio–temporal signal.

УДК 621.396.1

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕКОДЕРОВ LDPC-КОДОВ

© О.В. Тихонова, С.Н. Тронза
Московский технологический университет, Москва, Россия
e-mail: o_tikhonova@mirea.ru, s-tron@bk.ru

Аннотация. Для цифровой системы связи вопросы повышения помехоустойчивости особенно актуальны. Применяемое при этом линейное блочное кодирование данных сочетает преимущества высокой эффективности и малой сложности реализации. В этой связи сравнение различных реализаций помехоустойчивого декодера с использованием LDPC-кодов представляет несомненный интерес.

Ключевые слова. Помехоустойчивое кодирование, линейные блочные коды, коды с малой плотностью проверок на четность, итерационные алгоритмы декодирования.

Помехоустойчивое кодирование данных в системах цифровой связи призвано обнаружить и при возможности устранить ошибки, допущенные при демодуляции сигнала и обусловленные помехами в канале связи. В соответствии с фундаментальной теоремой Шеннона, если пропускная способность канала связи больше требуемой скорости передачи, то всегда можно найти код, гарантирующий любую желаемую достоверность передачи информации. Теорема Шеннона, однако, не указывает никакого конкретного кода для достижения устанавливаемого ею качества декодирования.

Канальное кодирование состоит во введении определенной избыточности в сообщение, которое увеличивает степень непохожести передаваемых сигналов друг на друга и, следовательно, уменьшает вероятность принятия одного сигнала вместо другого. В зависимости от способа добавления этой избыточности все канальные коды подразделяются на блоковые и древовидные. Характерной особенностью блоковых кодов является сегментация битового потока источника, которая состоит в его делении на блоки по k информационных битов и представлении каждого блока $n>k$ двоичными символами. В результате избыточные n-k символов служат для защиты k битов источника данного кодового слова.

После демодуляции принятого сигнала необходимо выполнить процедуру декодирования, т.е. процедуру, обратную кодированию. При этом на вход декодера поступают либо выработанные демодулятором оценки информационных символов (жесткие решения), либо связанные с апостериорными вероятностями этих символов величины (мягкие решения). Декодирование по мягким решениям потенциально дает лучшие результаты, но

алгоритмы оказываются сложными. При мягких решениях результат декодирования формируется по минимуму евклидова расстояния между принятым сигналом и всеми возможными сигналами.

Универсальная мера оценки эффективности того или иного кода – выигрыш от кодирования, показывающий, во сколько раз за счет кодирования может быть уменьшена энергия сигнала на бит передаваемой информации при фиксированной вероятности ошибки.

LDPC-коды

Код с малой плотностью проверок на чётность (LDPC-код, код Галлагера) – частный случай блокового линейного кода с проверкой чётности. Исходное английское название этого кода – Low-density parity-check code, LDPC-code.

Теоретические исследования Галлагера [1] (предложившего класс линейных кодов со специально сконструированной проверочной матрицей, названный впоследствии его именем) и последователей показали, что ДВЗС – коды могут быть близки к пределу Шеннона, выгодно отличаясь от прочих значительно большей простотой реализации алгоритма декодирования.

Рассматривая кодирование и декодирование LDPC-кодов в терминах проверочной и порождающей матриц [2], отметим. что регулярный LDPC-код является линейным кодом, проверочная матрица которого **H** размера $n \times k$, содержащая в основном нули и относительно малое количество единиц, имеет ровно J нулей в каждом столбце и K нулей в каждой строке, причем значения J и K много меньше k. Порождающая матрица регулярного LDPC-кода имеет размер $n \times (n-k)$. Каждая строка порождающей матрицы есть вектор ортогонального дополнения к векторам, составляющим матрицу **H.**

При кодировании каждый блок данных длины $n-k$ дополняется k проверочными символами и тем самым преобразуется в кодовое слово длины n. Принятая последовательность символов длины n является истинной, если она ортогональна всем векторам–строкам проверочной матрицы. В этом случае исходный вектор восстанавливается однозначно. Неортогональность принятой последовательности хотя бы одному вектору-строке проверочной матрицы означает, что в принятой последовательности содержится одна или несколько ошибок. В этом случае при декодировании следует использовать прямые или итерационные алгоритмы исправления ошибок, восстанавливающие истинные значения в принятом слове.

Большое число нулей в проверочной матрице обусловило относительную простоту реализации алгоритма декодирования LDPC-кода. Однако практические результаты, близкие к пределу Шеннона, возможны лишь при значительных размерах блоков (порядка сотен тысяч

и даже миллионов).

К настоящему времени предложено несколько эффективных алгоритмов декодирования LDPC-кода, например, см. [3], использующих в качестве исходных данных условные вероятности передачи 0 или 1 при получении конкретного сигнала..

Существует также возможность вместо вероятностей использовать LLR – Log-Likelihood Ratio – логарифм отношений правдоподобия, При этом вычисления можно значительно упростить, В алгоритме с LLR произведения заменяются на соответствующие суммы; также при использовании алгоритма с LLR можно использовать меньше памяти для хранения переменных.

Алгоритмы декодирования возможно реализовывать как стандартными методами с использованием чисел с плавающей точкой, так и с использованием чисел с фиксированной точкой

Моделирование работы LDPCдекодеров

Приведенные в литературных источниках данные по исправляющей способности LDPC-кодов позволяют ожидать существенного повышения достоверности приема за счет применения подобных кодов. Для оценки эффективности алгоритмов кодирования и итерационного декодирования частично недостоверных данных (их недостоверность обусловлена ошибками на выходе демодулятора) было проведено компьютерное моделирование тракта «кодер-декодер». При моделировании сравнивались различные реализации алгоритма итерационного декодирования: алгоритм, реализованный с помощью 32-битных чисел типа float, 64-битных чисел типа double, а также с числами с фиксированной точкой. Статистическое моделирование проводилось для проверочных матриц разного размера.

На рисунке 1 представлены результаты моделирования различных матриц с использованием стандартного алгоритма, в котором вероятности представлены числами с плавающей точкой float (32 бита). Каждой матрице соответствует линия определенного цвета. Также для сравнения показана вероятность ошибки на бит (BER, Bit Error Rate) канала без кодирования с использованием ФМ-2(BPSK).

Видно, что при низком отношении сигнал-шум выигрыш от использования матриц разных размеров различается на несколько децибел, однако при достижении Eb/N0 = 7 дБ линии большинства матриц пересекаются в одной точке.

На рисунке 2 штрих-пунктирными линиями приведена эффективность того же декодера, но с использованием чисел двойной точности double(64 бита). Сплошными линиями показаны эффективности декодеров с использованием float.

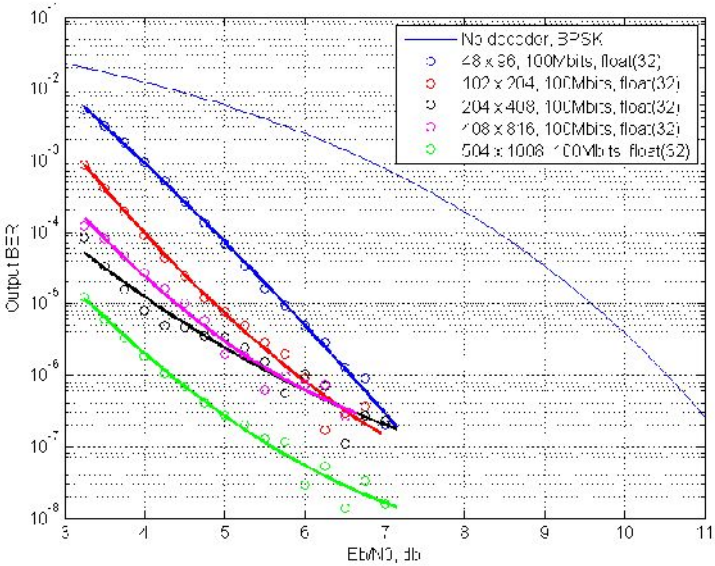


Рис. 1. LDPC-декодер при использовании чисел типа float.

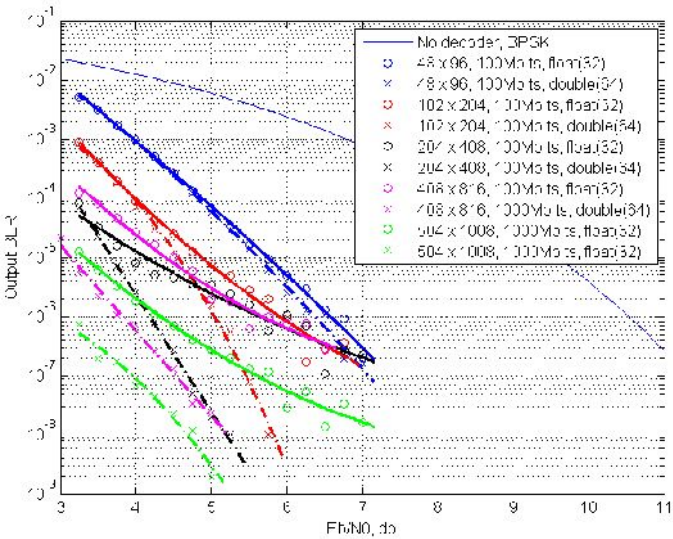


Рис.2. LDPC-декодер при использовании чисел типа double.

При использовании в вычислениях целых чисел замечено. что вероятность – число от 0 до 1, а значит, ее также можно представить и целым двоичным числом, в котором все разряды отведены под дробную часть и один знаковый бит (т.к. при вычислениях приходится использовать также отрицательные числа).

Для анализа были выбраны две матрицы: 48x96 и 408x816. На рисунке 3 приведены результаты моделирования для матрицы 48x96.

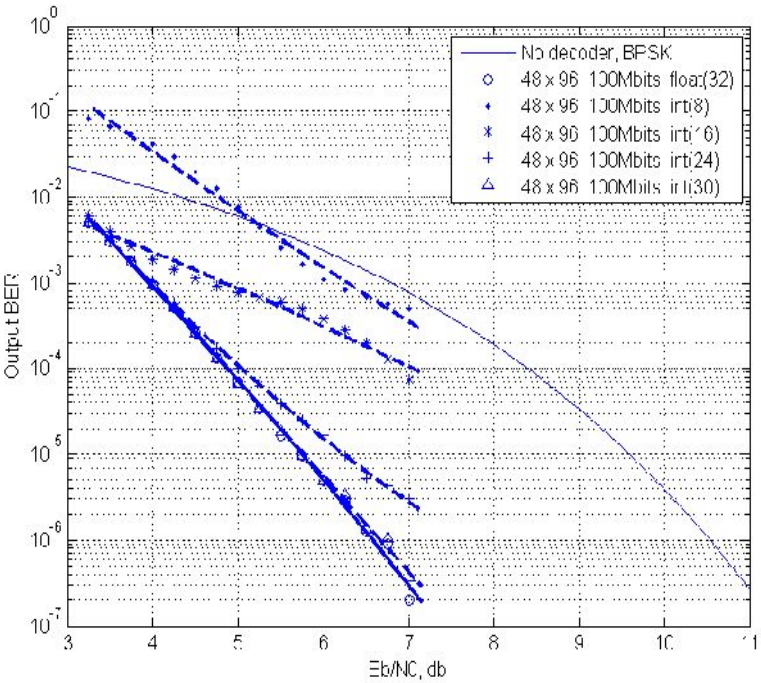


Рис. 3. LDPC-декодер при использовании чисел типа int.

На рисунке 4 приведены результаты моделирования для матрицы 408x816:

Видно, что при разрядности 24 бита эффективность декодера с целыми числами близка к эффективности декодера с числом float, а для матрицы 408x816 эффективность целочисленного декодера даже немного больше. Можно предположить, что эффективность декодера с числами с плавающей точкой ограничена разрядностью мантиссы, которая для числа с одинарной точностью(float) составляет 23 бита.

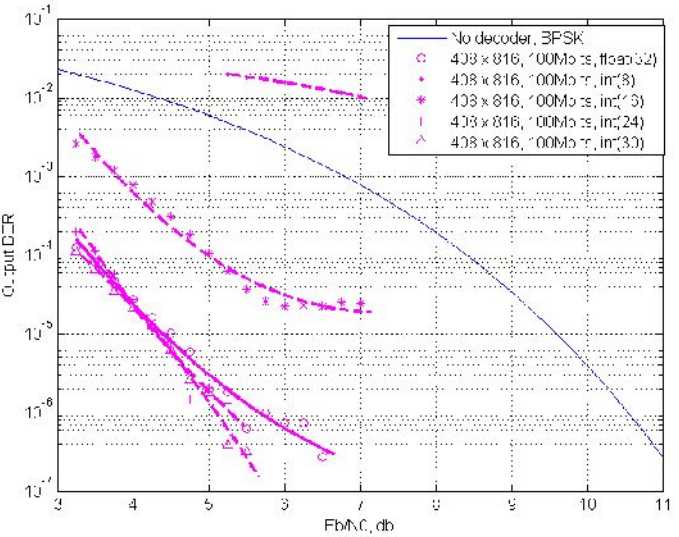


Рис.4. LDPC-декодер при использовании чисел типа int.

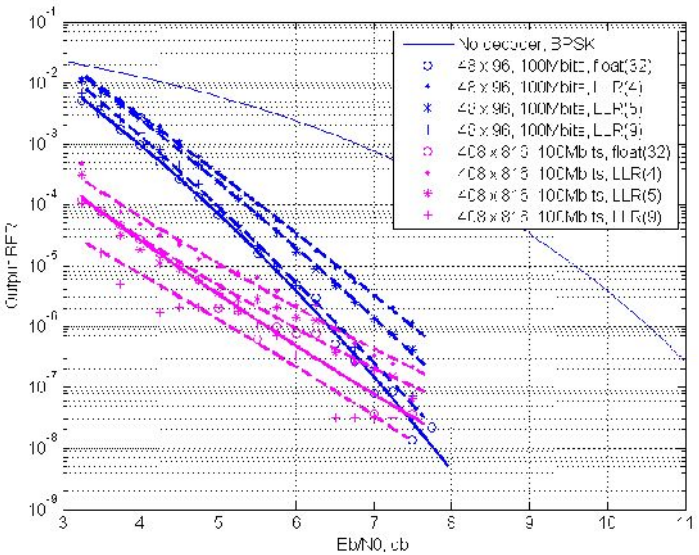


Рис. 5 Декодирование с использованием LLR алгоритма.

Результаты моделирования работы алгоритма LLR с числами с фиксированной точкой приведены на рисунке 5 .Вероятности представлены в виде LLR числами с фиксированной точкой с различной разрядностью(4, 5 и 9 бит) – пунктирные линии. Для сравнения там же также приведена эффективность декодера с float (сплошные линии).

Заключение

Моделирование работы алгоритмов итерационного декодирования LDPC-кодов подтверждает их эффективность. При этом использование LLR алгоритма уменьшает требования к вычислительным ресурсам. Увеличение размеров проверочной матрицы повышает помехоустойчивость кода.

Библиографический список

1. Галлагер Р.Дж. Коды с мало плотностью проверок на четность.// М.: «Мир», 1966. 144с.

2 Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. //Изд. 2-е. Пер. с англ. М: Издательский дом «Вильямс». 2003. 1104 с.

3. Морелос-Сарагоса Р.. Искусство помехоустойчивого кодирования. Методы, алгоритмы, применение – М.:, Техносфера, 2005. – 320с.

SIMULATION OF LDPC-CODE

©O.Tikhonova, S.Tronza
Moscow Technological University, Moscow, Russia
e-mail:o_tikhonova@mirea.ru, s-tron@bk.ru

Abstract. The questions of noise immunity in digital communication systems are particularly relevant. The linear block coding combines the advantages of high efficiency and low complexity of the implementation. In this regard, the comparison of different algorithms of the error-correcting decoder using LDPC codes is of great interest.

Key words. error-correction coding, linear block codes, low-density parity-check code, iterative decoding

УДК 519.724.6

МОДИФИЦИРОВАННЫЙ КОМБИНАТОРНО-ЛОГИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ ДЕКОДИРОВАНИЯ ПОМЕХОУСТОЙЧИВЫХ КОДОВ

© Т.А. Авдеев
Московский технологический университет, Москва, Россия
e-mail: t1m5@mail.ru

Аннотация. Рассмотрен вопрос повышения достоверности передачи данных цифровой системы связи за счёт использования помехоустойчивого блочного кодирования. Исследован турбокод-произведение на основе кода Хэмминга и для его декодирования предложена новая модификация комбинаторно-логического алгоритма. Получены кривые помехоустойчивости.

Ключевые слова. Система цифровой связи, помехоустойчивое кодирование, блочное кодирование, код Хэмминга, турбокод-произведение.

На нынешнем этапе развития систем приёма и передачи информации, одной из важнейших задач является обеспечение высокой достоверности передачи данных. Кроме использования специальных узкополосных сигналов одним из способов решения данной задачи является применение помехоустойчивого кодирования. Оно получило широкое распространение в современных РСПИ, т.к. наиболее эффективно позволяет обеспечить высокое качество передачи информации при высоком уровне шума в канале передачи данных.

На сегодняшний момент есть множество различных алгоритмов корректирующих кодов, однако не все они способны удовлетворить требованию декодирования с эффективностью, близкой к оптимальной по энергетике канала при максимально простой реализации алгоритма.

1. Код Хэмминга

Код Хемминга – это блочный код, который позволяет обнаруживать две ошибки и исправлять одиночные ошибки. При добавлении к коду бита чётности (так называемый, расширенный код Хэмминга) возможно обнаружение двух ошибок без добавления третьей при декодировании. При кодировании информационные блоки длиной k дополняются до длины $n>k$ по специальной процедуре, которая заключается в формировании двоичного вектора **Y** по заданному вектору **X**: $\mathbf{Y}=\mathbf{XG}$, где **G** – порождающая матрица. Процедура декодирования вектора **Y'** (отличающегося от кодового слова **Y** в некоторых позициях, что обусловлено характером канала передачи) заключается в поиске синдрома $\mathbf{S} = \mathbf{Y'}\ \mathbf{H}^{\mathbf{T}}$ (**H** – проверочная матри-

ца), при этом номер позиции, которую необходимо исправить – это номер столбца матрицы **H**, совпадающий с синдромом **S**, что позволяет исправить ошибку в соответствующем бите. При нулевом синдроме фиксируется отсутствие ошибок, и вектор **X** восстанавливается их уравнения **Y = GX** (исходя из явного вида матрицы **G**). Особенностью кода Хэмминга является то, что вектор **X** явно присутствует в векторе **Y**, и декодирование можно проводить, выделяя данную часть (местоположение зависит от вида матрицы **G**).

2. Турбокод-произведение, комбинаторно-логический алгоритм

Достоинством кода Хэмминга является его линейность, а также простота декодирования, однако для повышения помехоустойчивости целесообразно последовательное применение кода – турбокод-произведение [1].

Массив информационных битов размером *26×26* в процессе кодирования преобразуется в массив *32×32*, путём отдельного независимого кодирования строк и столбцов блока (с добавлением бита чётности). Линейность кода позволяет произвольно выбирать как порядок кодирования, так и порядок декодирования.

При декодировании применяется итерационный алгоритм, где одной итерацией является декодирование всех строк и столбцов, что позволяет, например, исправлять ошибки, расположенные ступенчато.

Использование расширенного кода Хэмминга позволяет фиксировать строки и столбцы с двумя ошибками. Это даёт возможность исправления четвёрок ошибок, расположенных парами в двух строках и двух столбцах [1].

Однако, данный алгоритм не даёт возможность нахождения более сложных структур ошибок, например комбинации из шести ошибок. Все возможные неисправляемые комбинации представлены на рис. 1.

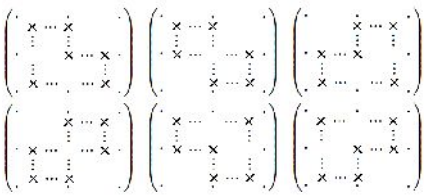


Рис. 1. Возможные места расположения шести ошибок

Для решения данной проблемы было найдено следующее решение. Алгоритм аналогичен принципу исправления четвёрок. Если принято решение, что в декодируемом слове 2 ошибки, то запоминается номер и число таких строк или столбцов. При обнаружении в принятом кодовом блоке ровно трёх строк и трёх столбцов с парой ошибок производится инверсия девяти битов

на всех возможных местах расположения ошибок. В результате шесть ошибок будут исправлены, но дополнительно появятся три новые (рис. 2).

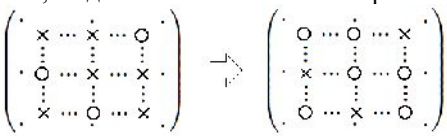


Рис. 2. Процесс декодирования шести ошибок (круг – символ без ошибки, крест – с ошибкой)

В качестве примера на рис. 2 указана лишь одна комбинация, аналогичная ситуация возникнет и при декодировании всех остальных вариантов.

Видно, что после этого в каждой строке и столбце остаётся всего по одной ошибке. Производится ещё одна итерация декодирования, после которой все девять битов с возможными ошибками будут верными (3 ошибки исправятся в соответствии с синдромом и битом чётности).

Данный алгоритм почти не увеличивает вычислительной сложности по сравнению с алгоритмом исправления четвёрок, добавляется лишь одна итерация в случае обнаружения шести ошибок.

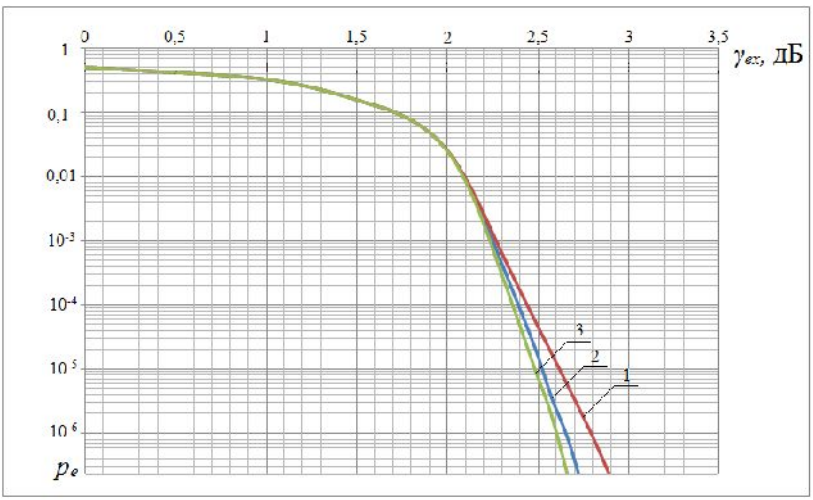


Рис. 3. Графики кривых помехоустойчивости итерационного (1), комбинаторно-логического с исправлением четвёрок (2) и шестёрок ошибок (3) алгоритмов

На рис. 3 приведены кривые помехоустойчивости рассмотренных алгоритмов. По оси абсцисс указано вносимое в канале связи отношение сигнал/шум, а по оси ординат – вероятность ошибочного декодирования информационного бита. Как видно из рисунка, выигрыш системы перед стандартным алгоритмом декодирования составляет около 0,19 дБ при вероятности ошибочного декодирования 10^{-6}. При этом данное улучшение достигается практически без ухудшения быстродействия системы.

Библиографический список

1. Парамонов А.А., Тихонова О.В., Авдеев Т.А., Бондарь А.А. Комбинаторно-логический алгоритм декодирования помехоустойчивых кодов // Наукоемкие технологии. 2017. № 3. С. 24-28.
2. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. Изд. 2-е. Пер. с англ. М: Издательский дом «Вильямс». 2003. 1104 с.
3. Золотарев В.В., Овечкин Г.В.. Помехоустойчивое кодирование. Методы и алгоритмы. М.: Горячая линия – Телеком. 2004. 126 с.
4. Потапов М.И. Эффективность кодирования информации при использовании турбокода произведения, основанного на коде Хэмминга // Материалы XVII Междунар. конф. «Системы компьютерной математики и их приложения». 2016. Смоленск: изд-во СмолГУ. № 17. С. 187-194.

COMBINATORIAL LOGIC DECODING ALGORITHM OF ERROR CONTROL CODES

© T.A. Avdeev
Moscow Technological University, Moscow, Russia
e-mail: t1m5@mail.ru

Abstract. The question of quality improvement of the digital communication system by means of error controlled block code is considered. A Turbo Product Code based on the Hamming code is considered. For its decoding a new modification of combinatorial logic algorithm is proposed. The noise immunity curve is obtained.

Keywords. Digital communication system, error controlled code, block code, Hamming code, Turbo Product Code, combinatorial logic algorithm.
УДК 621.37

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПЕЧАТНЫХ ПРОВОДНИКОВ

© В.М. Викулов, А.А. Парамонов
Московский технологический университет, Москва, Россия
e-mail: vulfgaar@list.ru, paramonov@mirea.ru

Аннотация. Теоретически и экспериментально исследованы электромагнитные излучения проводников печатных плат (ПП). В теоретической части рассмотрены модели реальных цифровых сигналов, возможность их излучения с поверхности ПП. Проведена примерная оценка мощности подобного излучения. В экспериментальной части был собран стенд, при помощи которого проводились измерения излучения цифровых сигналов.

Ключевые слова. Электромагнитная совместимость (ЭМС), сигнал, спектр, печатная плата.

В настоящее время компактность радиоаппаратуры является важным фактором при её создании. Это объясняется тем, что производители и разработчики стараются уместить как можно больший функционал в меньший объём устройства. Это существенно влияет и на массогабаритные характеристики, и на удобство в пользовании.

Таким образом, в непосредственной близости могут находиться как цифровые устройства, так и аналоговые.

Вопросы ЭМС в современной радиоэлектронной аппаратуре стоят очень остро [1]. С постоянным уменьшением размеров печатных плат (ПП) и усложнением топологии токоведущих путей проблемы паразитных наводок и влияния работы одних электрических узлов на другие увеличиваются. Подобные причины требует поиска методов уменьшения паразитных электромагнитных излучений и методов защиты от них.

Особенно это важно для систем, включающих в свой состав высокочувствительные приёмные тракты гигагерцового или более высокочастотного диапазонов.

Для оценки опасности подобных наводок была проведена оценка «сверху», то есть рассмотрен худший случай для излучения цифровых сигналов с поверхности ПП.

1. Теоретическое исследование

Как известно из теории [2], спектр идеального прямоугольного импульса имеет бесконечную характеристику, где основная часть энергетики собрана в районе нулевой частоты.

Но при моделировании реальных сигналов с выходов цифровых буферов (рассмотрен буфер видеоинтерфейса) современных микросхем вид сигнала и его спектра меняется.

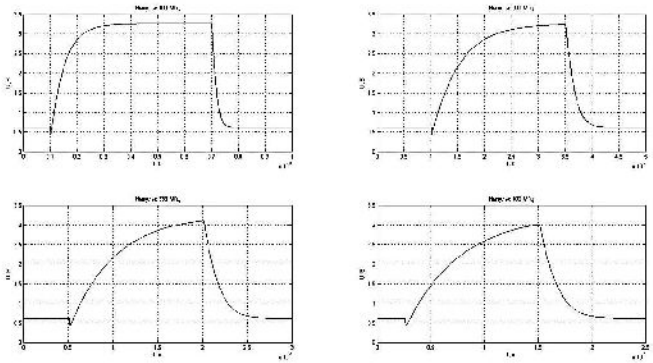


Рис. 1. Временное представление импульсов с выхода видеобуфера

Как видно из рис. 1, с увеличением частоты работы интерфейсов, передний и задний фронт имеют существенный завал. Таким образом, даже на частоте 200 МГц импульс не имеет своего классического вида. Эти изменения временного представления сигнала существенно влияют на спектр как одиночного импульса, так и пачки импульсов.

Для более детального рассмотрения остановимся на импульсе 333 МГц.

На рис. 2 приведён частотный спектр пачки импульсов 333 МГц. Как видно из рисунка, существенная часть мощности собрана в районе частоты следования импульсов.

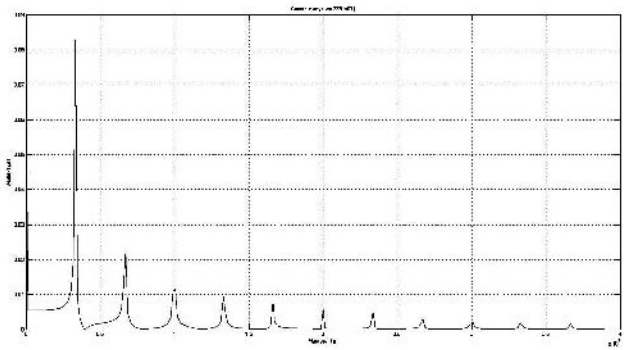


Рис. 2. Спектр пачки импульсов 333 МГц

Основным источником излучения с поверхности ПП могут быть токоведущие дорожки, которые, в условиях худшего случая, могут принимать форму эффективных полосковых антенн.

Для рассмотрения и моделирования были выбраны 3 структуры,

наиболее схожие с токоведущими дорожками [3]: штыревая антенна, дипольная антенна и рамочная антенна. Сразу стоит отметить, что все антенны являются узкополосными, поэтому весь спектр импульса передать не представляется возможным.

Антенны подбирались исходя из частоты следования импульса и их реальной апертуры в условиях ПП. На рис. 3 приведён вид теоретической АЧХ антенны и спектра пачки импульсов.

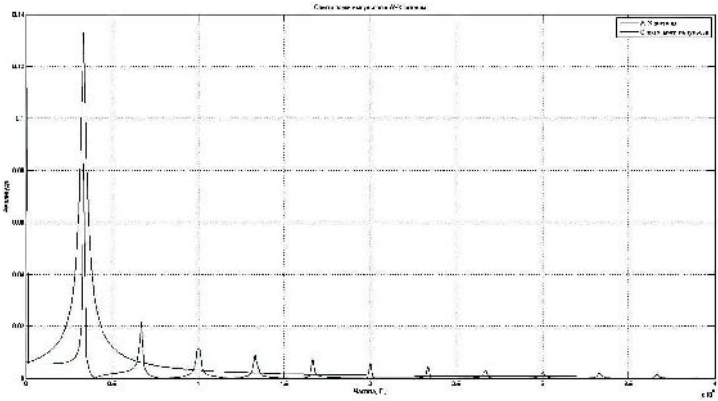


Рис. 1. Спектр пачки импульсов 333МГц и АЧХ антенны

Исходя из полученных данных, процент энергии сигнала, который может пропустить такая антенна, равен порядка 20-25%, что достаточно существенно.

2. Экспериментальная часть

Для экспериментального исследования был построен стенд, выход которого реализовывал вид сигналов видеостандартов DVI, HDMI. Такой стенд повторяет реальные характеристики интерфейсов: выходной импеданс, выходную мощность, выходное напряжение, скорость нарастания фронтов видеоимпульсов, частотный диапазон (скорость передачи видеоданных).

Среди известных интегральных модульных решений таковым является дифференциальный повторитель серии SN65LVDS100 на базе триггера Шмитта. Достоинством данной микросхемы является возможность ее управления аналоговым гармоническим сигналов высокой частоты. Триггер Шмитта представляет собой RS-триггер, управляемый одним аналоговым сигналом с двумя пороговыми уровнями переключения и, как правило, применяется для восстановления фронтов цифровых сигналов, искаженных цепями печатной топологии и линиями связи, либо для получения цифрового сигнала из аналогового. Статическая характеристика триггера Шмитта представляет собой ха-

рактеристику переключателя с прямоугольной петлей гистерезиса. При этом скорость нарастания выходного цифрового сигнала не зависит от скорости нарастания входного аналогового. Такой триггер обладает свойством памяти, поскольку его состояние в зоне неоднозначности статической характеристики предысторией – ранее действующим входным сигналом.

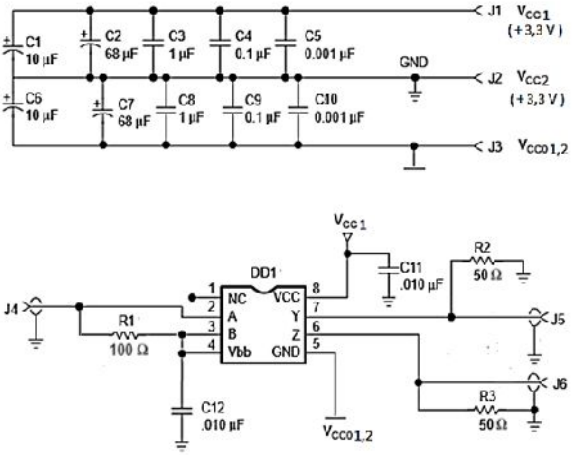


Рис. 4. Дифференциальный повторитель. Схема электрическая принципиальная.

Схема электрическая принципиальная дифференциального повторителя, выполненного на базе ИМС SN65LVDS100, представлена на рис. 4.

Сам вид стенда приведён на рис. 5.

Рис. 5. Видеоимпульсный формирователь цифрового сигнала выходных каскадов видеоинтерфейса типа DVI и HDMI.

После моделирования антенн были изготовлены аналогичные антенны

для стендового моделирования при соблюдении всех размеров и материалов.

На диэлектрической подложке из материала FR-4 были вытравлены отрезки полосков нужных размеров. На каждую плату с антенной был напаян разъём SMA для удобства измерений, на рамочную антенну был запаян ещё и SMD конденсатор рассчитанной ранее ёмкости.

На рис. 6, 7 и 8 приведены фотографии получившихся антенн.

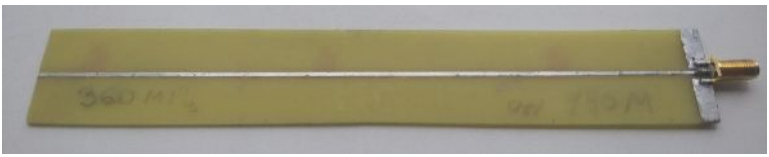


Рис. 6. Штыревая антенна

Рис. 7. Дипольная антенна

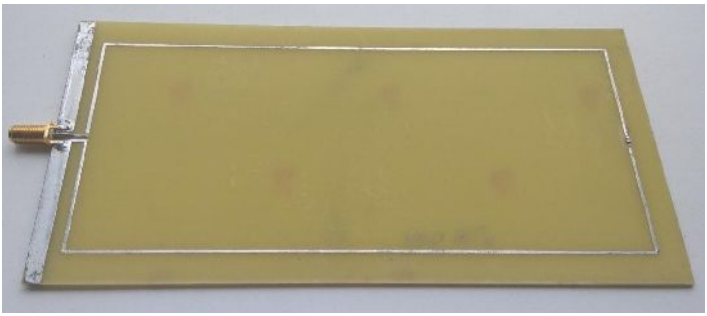


Рис. 8. Рамочная антенна

Далее, подавая импульс с одного из каналов дифференциальной пары соответствующей частоты на антенну, снимался уровень сигнала на расстоянии 1 метр. Такой подход оценки напряжённости моделирует ближнюю зону, так как изначально ставилась проблема для компактных РЭУ, размер которых не превышает 1 метр.

Приём сигнала происходил на широкополосную антенну, подключённую к анализатору спектра Rohde & Schwarz ESPI7.

Полученные данные сведены в таблице 1.

Таблица 1. Исходные данные эксперимента.

Тип PCB-антенны	Основная возбуждаемая гармоника (резонансная частота), МГц	Уровень излучения сигнала по мощности на расстоянии 1 м, дБм	Уровень наводок на 50 Ом нагрузке, мкВ
Штыревая четвертьволновая	161,0	-57	320
Дипольная полуволновая	420,0	-50	710
Рамочная	126,6	-47	990

3. Заключение

На основании результатов измерений можно сделать вывод, что наводки могут приобретать достаточно существенный уровень, что создает заметную помеху на входе близкорасположенного приёмника. Эти наводки способны также вызывать ложные срабатывания чувствительных цифровых устройств.

Библиографический список

1. Малков Н.А., Пудвокин А.П. Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств. Тамбов: Издательство ТГТУ, 2007. – 87 с.
2. Прокис Дж. Цифровая связь. М.: Радио и связь, 2000. – 800 с.
3. Balanis K. Antenna Theory. Analysis and Design. 2nd Ed. Wiley, 2001.

THEORETICAL AND EXPERIMENTAL RESEARCH OF ELECTROMAGNETIC RADIATION OF PCB CONDUCTORS

© V.M. Vikulov, A.A. Paramonov
Moscow Technological University, Moscow, Russia
e-mail: vulfgaar@list.ru, paramonov@mirea.ru

Abstract. The electromagnetic radiation of conductors of printed circuit boards (PCBs) is theoretically and experimentally researched. In the theoretical part, models of real digital signals and the possibility of their emission from the surface of a PP are considered. It was made an approximate estimate of the power of such radiation. In the experimental part, it was assembled a stand, by means of which were made measurements of the emission of digital signals.

Keywords. Electromagnetic compatibility (EMC), signal, spectrum, printed circuit board.
УДК 621.396.94

АЛГОРИТМЫ ДЕМОДУЛЯЦИИ СИГНАЛОВ SOQPSK ПОНИЖЕННОЙ СЛОЖНОСТИ

© Геворгян О.А. Московский технологический университет (МИРЭА)
useworkstudy@hotmail.com

Аннотация. Данная работа посвящена рассмотрению эффективных алгоритмов, позволяющих сократить ресурсоемкость демодулирующего устройства для разновидностей сигналов SOQPSK с частичным откликом. Автором были описаны два наиболее привлекательных метода: усечения частотного импульса и аппроксимация амплитудно-импульсной модуляцией. Был проведен сравнительный анализ и выработаны рекомендации о применимости выбранных методов.

Ключевые слова: SOQPSK, демодуляция, пониженная сложность, алгоритм Витерби

В последние десятилетия наблюдается качественный и количественный рост систем связи, использующих радиочастотный спектр (РЧС). При этом передача данных от источника до приемного устройства осуществляется по физическому каналу, имеющему ограниченный радиочастотный ресурс (РЧР). При постоянно растущем спросе на РЧР, превышающий предложение, задача его эффективного использования является актуальной и одной из важнейших условий для дальнейшего развития телекоммуникационных систем, науки, экономики и т.п.

Рост потребности в радиочастотном ресурсе приводит к ужесточению требований к системам связи по полосе занимаемых частот, уровню внеполосного излучения и к скорости его спада. Как известно, именно модуляция является процессом отображения последовательности информационных символов в сигнал, совместимый с требованиями канала связи [1]. Выбор метода модуляции определяет эффективность системы с точки зрения использования РЧР.

Развитие науки и техники в области цифровой передачи данных достигло немалых успехов для решения подобного рода задач. В начале XXI века ученными было описано множество новых методов модуляций [2,3,4], некоторые из них получили широкое распространение и популярность.

В работе [5] T.Hill дал описание сигнала shaped offset quadrature phase shift keying (SOQPSK), являющегося на сегодняшний день одним из

перспективных форматов. SOQPSK принадлежит к семейству модуляций с непрерывной фазой (МНФ) [6,7,8], обладает энергетической и спектральной эффективностью. С точки зрения МНФ сигнал SOQPSK на *k*-ом тактовом интервале имеет следующее математическое описание:

$$s(t,a_k)=\sqrt{\frac{2E}{T}}\cos\{w_0 t+\varphi(t,a_k)+\varphi_0\}, \quad (1)$$

где E – энергия символа на длительности тактового интервала T, w_0 и φ_0 являются частотой и начальной фазой несущего колебания соответственно. Из выражения (1) следует, что данный сигнал имеет постоянную огибающую, позволяющую использовать нелинейные усилители мощности в системах связи. Передаваемая информация содержится в функции фазы $\varphi(t,a_k)$:

$$\varphi(t,a_k)=2\pi\sum_{k=-\infty}^{\infty}h_k a_k q(t-kT), \quad (2)$$

в которой h_k является индексом модуляции [7], $q(t)$ – функция, определяющая закон изменения фазы во времени (фазовый импульс). В выражение (2) передаваемые информационные символы a_k подвергнуты предварительному кодированию по следующему правилу:

$$a_k=(-1)^{k+1}\frac{\alpha_{k-1}(\alpha_k-\alpha_{k-2})}{2},$$

где α_k являются элементами исходной информационной последовательностью, принимающие одно из следующих значений алфавита $\{\pm 1\}$. Данное кодирование необходимо для описания сигнала OQPSK в терминах семейства МНФ.

Разновидности сигнала SOQPSK отличаются друг от друга параметрами и формой частотного импульса. К примеру, SOQPSK-MIL описывается частотным импульсом прямоугольной формы длительностью L = 1 тактовых интервалов. Привлекательными с точки зрения применения в системах связи являются сигналы с частичным откликом L>1, среди которых широкое распространение получили SOQPSK-TG, SOQPSK-A.

Оптимальный демодулятор для данных сигналов, основанный на принципе максимального правдоподобия, использует алгоритм Витерби, который базируется на представлении сигналов МНФ в виде решетки состояний. Вышеприведенные сигнальные форматы имеют длину частотного импульса L = 8 тактовых интервалов, следовательно, их можно представить в виде решетки, состоящей из 1024 состояний. Для расчета метрик путей подобной решетки необходимо 511 комплексных

согласованных фильтров (корреляционных интегралов), реализация которых может исчерпать практически все ресурсы кристалла, или вовсе их превысить.

Задача состоит в поиске путей упрощения процесса демодуляции с целью определения степени их влияния на качество приема. На сегодняшний день одним из перспективных способов снижающий ресурсоемкость является модификация опорных колебаний в приемном устройстве. Существует два наиболее широко используемых метода достижения данной цели: метод укорочения (усечения) частотного импульса и аппроксимации опорных колебаний амплитудно-импульсной модуляцией (АИМ).

Укорочение частотного импульса

Длина частотного импульса сигналов SOQPSK-TG и SOQPSK-A составляет $L = 8$ тактовых интервалов, т.е. на текущий передаваемый символ оказывают влияние $L - 1$ предыдущих. Отметим, что спектральная эффективность достигается за счет межсимвольной интерференции и плавного изменения фазы, при этом не все символы вносят существенный вклад в приращение фазы. Это позволяет допустить, что замена исходного частотного импульса на укороченный позволит без значимых потерь упростить ресурсоемкость алгоритма приема. При данной процедуре частотный импульс длительностью L тактовых интервалов заменяется на усеченный длительностью L_r, что позволяет сократить количество состояний в M^{L-L_r} раз. На сегодняшний день имеются работы [9,10,11], в которых частотный импульс укорачивается с 8 до 1 тактового интервала, при этом функция фазового импульса описывается следующим выражением:

$$q(t) = \begin{cases} 0, t < 0; \\ q(t + (L-1)T/2), 0 \le t \le T; \\ 0.5, t > T. \end{cases} \quad (3)$$

Исходные и укороченные (3) фазовые импульсы для сигналов SOQPSK-TG и SOQPSK-A, построенные в программе прикладного программирования, приведены на рисунке 1. Первые и последние 3 символа не вносят значимых изменений в приращение фазы для данных сигналов, что продемонстрировано на нижеприведённом изображении.

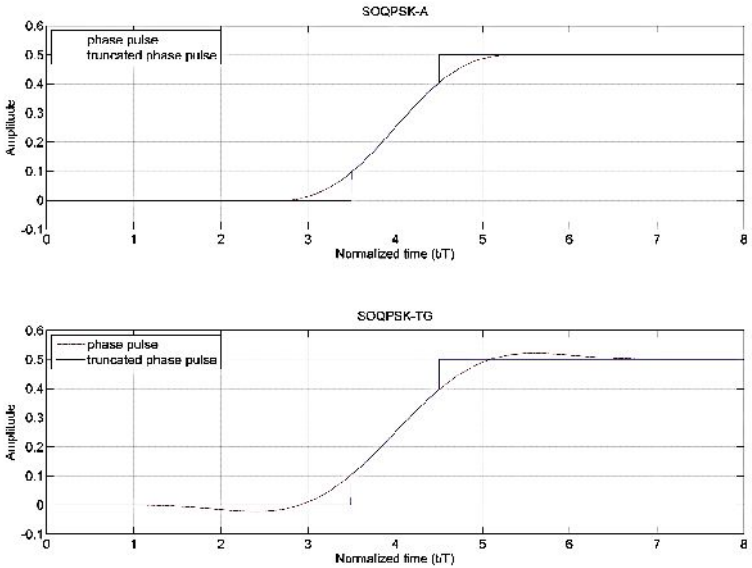


Рисунок 1 – Исходные и укороченные фазовые импульсы SOQPSK-TG, SOQPSK-A

При такой реализации количество состояний решетки SOPQSK сокращается до 8 (соответствующему случаю с полным откликом), а количество согласованных фильтров до 3. Отметим, что на этом упрощения не заканчиваются, реализация фильтра для a_k=1 и a_k= –1 является идентичной в силу геометрических тождеств, а при a_k=0 не требуется операция умножения (фактически происходит лишь операция интегрирования).

АИМ аппроксимация

Сигналы семейства МНФ имеют память и относятся к нелинейным методам модуляции. Данные обстоятельства являются основными причинами сложного устройства демодулятора. В работах [12,13] было показано, что сигналы МНФ можно представить, как линейную комбинацию АИМ импульсов. В работе [14] E. Perrins обобщил представление МНФ АИМ для случая с тернарными символами, т.е. для сигналов подобных SOQPSK.

В данном методе опорные колебания представляются с точки зрения АИМ и описывается следующим образом:

$$s(t,a_k)=\sum_{k=0}^{R-1}\sum_{i}b_{k,i}c_k(t-iT), \qquad (4)$$

где $R = 2 \cdot 3^{L-1}$. Выражение (4) есть линейная комбинация R импульсов $c_k(t)$, модулированных псевдосимволами $b_{k,i}$. Общее описание $c_k(t)$, $b_{k,i}$ можно найти в труде [12]. Уменьшение ресурсоемкости приемного устройства при использовании такого подхода достигается за счет аппроксимации опорного колебания некоторым количеством импульсов, а не полным набором R комбинаций. Так SOQPSK-TG в общем случае описывается $R = 2 \cdot 3^7 = 4374$ комбинациями, но для сокращения количества состояний решетки до 8 достаточно аппроксимировать до $R = 2$, при этом выражение (4) примет вид:

$$s(t, a_k) \approx \sum_i b_{0,i} c_0(t - iT) + \sum_i b_{1,i} c_1(t - iT).$$

Подробное описание данного выражения и переменных, входящих в него можно найти в работах [12].

Применение сигнала SOQPSK сопряжено с повышенной ресурсоёмкостью приемных алгоритмов. Имеются методы упрощения, приводящие к уменьшению числа состояний решетки, что равносильно сокращению количества необходимых ресурсов для реализации демодулятора. Составлена таблица 1, в которой приводятся краткие сведения о данных методах для разновидностей SOQPSK с $L = 8$. Так же приведены графики вероятности появления ошибочного бита на рисунке 2 [12] для SOQPSK-TG при различных реализациях демодулятора.

Таблица 1 – Характеристики методов упрощения ресурсоемкости демодулятора

Разновидность SOQPSK	Оптимальный детектор		АИМ аппроксимация			Усечение частотного импульса		
	Количество состояний в решетке	Количество согласованных фильтров	Количество состояний в решетке	Количество согласованных фильтров	Потери по сравнению с оптимальным демодулятором (дБ)	Количество состояний в решетке	Количество согласованных фильтров	Потери по сравнению с оптимальным демодулятором (дБ)
SOQPSK-MIL	8	3	—	—	—	—	—	—
SOQPSK-TG	1024	511	8	2	0.1	8	3	0.2
SOQPSK-A	1024	511	8	2		8	3	

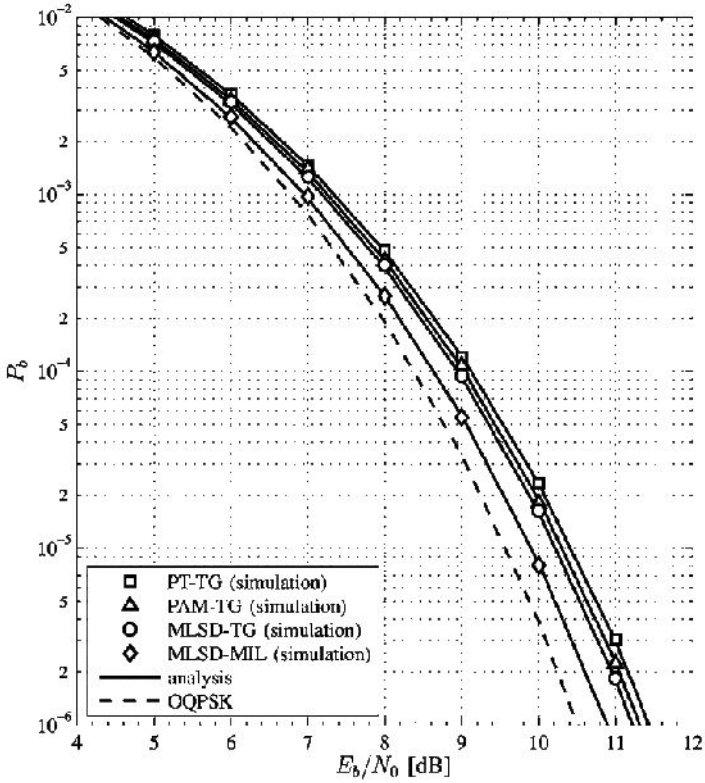


Рисунок 2 –Вероятность появления ошибочного бита для SOQPSK-TG при различных реализациях демодулятора

Необходимость и актуальность вопроса применения методов снижения ресурсоемкости неоспоримо. Метод усечения частотного импульса лишь на 0.1 дБ уступает аппроксимации АИМ. Платой за существенное упрощение алгоритма демодуляции является незначительные потери. Стоит отметить, что на сегодняшний день изучены не все вопросы, связанные с влиянием подобных методов на различные характеристики приема, что затрудняет применение перспективных методов модуляции.

Библиографический список

1. Прокис, Д. Цифровая связь. – М.: Радио и связь, 2000.

2. Simon, M. K., Arabshahi, P., Srinivasan, M. Trellis-Coded Quadrature-Phase-Shift Keying (QPSK) With Variable Overlapped Raised-Cosine Pulse Shaping // The Telecommunications and Mission Operations Progress, 1999. – С. 1-16.

3. Geoghegan, M. Description and performance results for the advanced range telemetry (ARTM) Tier II waveform // International Telemetering Conference Proceedings. – International Foundation for Telemetering, 2000.

4. Law, E., Feher, K. FQPSK versus PCM/FM for aeronautical telemetry applications; spectral occupancy and bit error probability comparisons // International Telemetering Conference Proceedings. – International Foundation for Telemetering, 1997.

5. Hill, T. An Enhanced, Constant Envelope, Interoperable Shaped Offset QPSK (SOQPSK) Waveform for Improved Spectral Efficiency // Proceedings of the International Telemetering Conference, San Diego, CA, 2000.

6. Емельянов, П. Б., Парамонов, А. А. Дискретные сигналы с непрерывной фазой // Зарубежная радиоэлектроника, 1990. – №. 12. – С. 17-34.

7. Anderson, J. B., Aulin, T., Sundberg, C. E. Digital phase modulation. – Springer Science & Business Media, 2013.

8. Sundberg, C. E. Continuous phase modulation // IEEE communications Magazine, 1986. – Т. 24. – №. 4. – С. 25-38.

9. Hosseini, E., Perrins, E. FPGA implementation of a coherent SOQPSK-TG demodulator // MILITARY COMMUNICATIONS CONFERENCE, 2011-MILCOM, 2011.– С. 471-476.

10. Xingwen, D. et al. A Comparison of Coherent Detectors for SOQPSK-TG // International Telemetering Conference Proceedings. – International Foundation for Telemetering, 2015.

11. Perrins, E., Rice, M. Reduced-complexity approach to iterative detection of coded SOQPSK // IEEE Transactions on Communications, 2007. – Т. 55. – №. 7. – С. 1354-1362.

12. Laurent, P. Exact and approximate construction of digital phase modulations by superposition of amplitude modulated pulses (AMP) // IEEE transactions on communications, 1986. – Т. 34. – №. 2. – С. 150-160.

13. Mengali, U., Morelli, M. Decomposition of M-ary CPM signals into PAM waveforms // IEEE transactions on information theory, 1995. – Т. 41. – №. 5. – С. 1265-1275.

14. Perrins, E., Rice, M. PAM representation of ternary CPM // IEEE Transactions on Communications, 2008. – Т. 56. – №. 12.

Abstract. This article is about a reduced-complexity algorithm for the demodulation of partial-response shaped-offset quadrature phase-shift keying (SOQPSK). The author describes two powerful reduced-complexity techniques, such as the pulse amplitude modulation approximation and frequency pulse truncation technique The author develops recommendations of applicability of the described types of algorithm.

Keywords: SOQPSK, demodulation, reduced-complexity, **Viterbi Algorithm**

УДК 621.391

ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ СИСТЕМЫ ШИРОКОПОЛОСНОГО ДОСТУПА McWiLL

© Н. Р. Дорошин
Московский технологический университет, Москва, Россия
e-mail: dnr@nxtt.org

Аннотация. Сравниваются два современных стандарта McWiLL, WiMAX. Сравнение проводится как по техническим характеристикам, так и по функциональному назначению. Рассматривается применение стандартов для построения сетей профессиональной связи корпоративных пользователей. По параметрам радиоинтерфейса, по параметрам обслуживаемых абонентов, по функциональному назначению делается вывод, что наилучшим является стандарт McWiLL.

Ключевые слова. McWiLL, WiMAX, корпоративные сети, мобильный широкополосный доступ, OFDMA, многостанционный доступ с кодовым разделением, динамическое распределение каналов, интеллектуальные антенны.

Системы мобильной радиосвязи впервые появились в 30-е годы в США. Они представляли собой системы конвенциональной связи, предназначенные для удовлетворения потребностей силовых структур – армии и полиции. WiMAX и McWiLL применяются для различных целей. В частности, WiMAX (World wide Interoperability for Microwave Access) – телекоммуникационная технология, разработанная с целью предоставления универсальной беспроводной связи на больших расстояниях для широкого спектра устройств, основана на стандарте IEEE 802.16. Технология McWiLL (Multicarrier Wireless Internet Local Loop) базируется на стандартах SCDMA [1] и использует динамическое распределение каналов и смарт-антенны – для увеличения показателей пропускной способности. Рассматриваемый стандарт использует CS-OFDMA (ортогональный многостанционный доступ с частотным разделением каналов и переменным коэффициентом расширения), адаптивную модуляцию, динамическое предоставление каналов, мягкий хендовер, SDMA (многостанционный доступ с пространственным разделением каналов) и MIMO (использование нескольких приемопередатчиков для связи одного и того же абонента). Система обеспечивает предоставление как услуг передачи данных, так и голосовых услуг пользователям фиксированной и мобильной связи. Благодаря использованию указанных выше передовых технологий McWiLL обеспечивает большое покрытие, высокую эффективность

использования спектра (до 15 Мбит/с в полосе 5 МГц), поддержку применений для высокоподвижных объектов. Главной особенностью новой технологии, отличающей ее от всех известных технологий широкополосного радиодоступа, является радиоинтерфейс CS-OFDMA, который означает ортогональный многостанционный доступ с частотным разделением каналов и переменным коэффициентом расширения. Он представляет собой комбинацию OFDMA и SCDMA и поэтому имеет преимущества как перед OFDMA, так и SCDMA. Ниже мы покажем преимущества и недостатки технологий OFDMA и SCDMA и эффект взаимодополняющей интеграции OFDMA и CDMA с CS-OFDMA. При использовании OFDMA полоса частот подразделяется на несколько частотных поднесущих. В системе OFDMA входящий поток данных делится на несколько параллельных подпотоков с более низкой скоростью передачи (что приводит к увеличению длительности символа), а каждый подпоток модулируется и передается на своей ортогональной поднесущей. Увеличение длительности символа повышает устойчивость OFDMA к разбросу задержки. Основные преимущества сигнала состоят в том, что любой частотный сигнал не создает помех соседним частотным сигналам благодаря ортогональности частот, т.е. отсутствует помеха, возникающая от многолучевого распространения. Однако, поскольку многолучевое распространение вызывает существенные флуктуации спектра OFDMA, мы сталкиваемся с серьезным многолучевым замиранием в сигналах OFDMA. Основным недостатком метода OFDMA является серьезное замирание сигнала. Для преодоления этого недостатка нам приходится использовать методы мощного кодирования типа турбо-кодирования или LDPC- кодирования, которые существенно снижают скорость передачи данных и усложняют реализацию системы. И что более важно, в случае узкополосных применений, например, при голосовой связи, выделяется небольшое количество частотных сигналов и замирание одного или двух таких сигналов может привести к существенному ухудшению рабочих характеристик системы, а кодирование в этом случае может оказаться не столь эффективным. Поскольку в каждой системе OFDMA используется один и тот же набор частот, все соседние соты будут создавать помехи друг другу. По этой причине развертывание в режиме N=1, т.е. использование всех сот, работающих в одной и той же полосе частот для чистой системы OFDMA невозможно. CDMA означает многостанционный доступ с кодовым разделением каналов. Большинство систем CDMA, в частности стандарта IS-95, 1XRTT, 1XEVDO и WCDMA используют метод CDMA. При использовании CDMA полоса частот делится на несколько широкополосных кодовых каналов. В отличие от системы OFDM канал в системе CDMA является широкополосным и не чувствителен к появлению нулевых значений в спектре частот, в результате чего влияние замирания сигнала становит-

ся несущественным. Кроме того, система оказывается более нечувствительной к межсотовой помехе, что дает возможность развертывания сети с коэффициентом повторяемости частот N=1. Тем не менее, во всех указанных выше стандартах CDMA восходящая линия является асинхронной, т.е. сигналы от различных терминалов поступают в различные моменты времени и создаются взаимные помехи, которые снижают размер зоны покрытия, приводя к «дыханию соты», т.е. к снижению покрытия по мере роста числа пользователей. SCDMA означает синхронную систему CDMA. Поскольку мы может обеспечить синхронный прием всех кодовых последовательностей, то для минимизации помех можно использовать ортогональные коды. Это означает, что CDMA не имеет существенных взаимных помех и не создает условий для «дыхания сот». Однако в присутствии многолучевого распространения принимаемый сигнал будет содержать запаздывающий вариант ортогональных кодовых последовательностей. Такие помехи могут приводить к снижению отношения «сигнал-шум» и пропускной способности системы. Существуют три существенных преимущества McWiLL системы по сравнению с WiMax: во-первых, McWiLL использует CS-OFDMA, что позволяет снизить межсотовую интерференцию при N=1; во-вторых, существует специальная конструкция в протоколе сигнала в системе McWiLL, в полной мере позволяющая смарт-антенне подавлять внутрисистемные помехи. И, в-третьих, в протоколе McWiLL достаточно просто осуществлять динамическое распределение каналов, чтобы стабилизировать работу системы для предотвращения наихудших сценариев перегрузки по трафику. Известно, что WiMax в основном используется только для широкополосной передачи данных и не поддерживает эффективную голосовую передачу. Универсальность McWiLL определяется тем, что он может поддержать и высокоскоростную передачу данных, и эффективные голосовые услуги. McWiLL является стандартом , позволяющим обеспечить организацию корпоративных сетей с большим перечнем специфических функций, в частности: отдельный звонок, групповой вызов, динамический вызов группы абонентов, уведомление о вызове, конференц-связь, экстренный вызов, очередь вызова, приоритетный вызов, динамическая перегруппировка вызовов, вынужденный вход и выход, отключение функции телефонного соединения для группы, беспроводной VPN, зашифрованный звонок, запрет вызова, санкционированный вызов диспетчера, ожидание вызова, групповое управление, тарификация. Важной особенностью McWiLL является то, что существует возможность построения систем в различных полосах частот: 340 МГц, 400 МГц, 1800 МГц. McWiLL используется в Китае, Индии, Бразилии – странах BRIKS и странах СНГ. Развертывание сетей предлагаемой технологии в заявленных диапазонах частот позволит решить большой круг задач:

- информатизация социальных объектов;
- обеспечение малоимущей части населения современными и доступными услугами связи (Интернет, телевидение, телефон);
- технологическая реализация проектов типа «безопасный город» или «управление муниципальным транспортом»;
- обеспечение муниципальных служб современной высокоскоростной мобильной связью с возможностью выхода в интернет и передачи видео;
- электронные платежи и все другие современные услуги. Предложенная технология позволяет достаточно быстро построить технологические сети связи, телеметрии, мониторинга и управления с высокой пропускной способностью для МЧС, МВД, РЖД, Транснефти, Газпрома, Росатома, энергетического комплекса и др.

Библиографический список

1. Рекомендация МСЭ-R М.1801-1 Стандарты радиоинтерфейса для систем широкополосного беспроводного доступа подвижной службы, включая мобильные и кочевые применения, действующих на частотах ниже 6 ГГц.

2. Акимов. В. Н., Аверьянов. Р. С., Шорин А. О. Архитектура протокола радиоинтерфейса NG-1// Материалы XXX конференции РАЕН «Мобильный бизнес: перспективы развития и реализации систем радиосвязи в России и за рубежом». – 2011, – С. 75-96.

3. Акимов. В. Н., Шорин А. О., Аверьянов Р. С. Формирование сигнала на канальном уровне в стандарте NG-1// Материалы XXXI конференции РАЕН «Мобильный бизнес: перспективы развития и реализации систем радиосвязи в России и за рубежом». – 2012, – С. 4-15

Advantages and disadvantages of the broadband access system McWiLL

© N. R. Doroshin
Moscow Technological University, Moscow, Russia
e-mail: dnr@nxtt.org

Abstract. A comparison is presented of three modern standards: McWiLL, WiMAX. The comparison is carried out both in terms of technical characteristics and functional purpose. Application of these standards is considered for deployment of professional communication networks for corporate users. Based on the analysis of radio-interface parameters, of serviced subscribers' parameters, and of functional purpose it is concluded that the McWill standard is the most suitable solution.

Keywords: McWiLL, WiMAX, corporate networks, mobile wideband access, OFDMA, code-division multiple access, dynamic channel assignment, smart antennas.

СЕКЦИЯ №3
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

УДК 621.374.33

ПОВЫШЕНИЕ СКРЫТНОСТИ ИСТОЧНИКА ДЕСТРУКТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ СВЕРХКОРОТКОИМПУЛЬСНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

© С.А. Пронин, П.Н. Пименов, Л.О. Мырова
АО «Московский ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский радиотехнический институт», Москва, Россия
e-mail: s.pronin@mnirti.ru, p.pimenov@mnirti.ru

Аннотация. Рассмотрены актуальность использования распределенной системы деструктивного воздействия сверхкороткоимпульсного электромагнитного излучения для повышения скрытности ее воздействия. Рассмотрен основной характер влияния СКИ ЭМИ. Показаны основные принципы работы распределенной системы деструктивного воздействия и ее преимущества использования подобной системы. Представлены компоненты для построения распределенной системы воздействия СКИ ЭМИ и их характеристики. Приведен схематичный пример действия КВ СКИ ЭМИ в морской акватории.

Ключевые слова. Сверхкороткоимпульсное электромагнитное излучение, деструктивное воздействие на телекоммуникационные системы, распределенная система воздействия, системы передачи данных.

В настоящее время все больше расширяется сфера применения сверхкоротких электромагнитных импульсов (СКИ ЭМИ) и их использование в качестве средств активного воздействия на различные радиоэлектронные средства. Современные системы радиоэлектронной связи, а также радиолинии передачи данных, являясь элементами обеспечения средств управления, становятся наиболее уязвимыми к различным видам электромагнитного воздействия. По этому, при обнаружении радиопередающего средства, представляющего потенциальную опасность, как правило, следует проведение комплекса мероприятий по прекращению или нарушению деятельности этих средств. Для достижения этой цели наиболее актуально использовать СКИ ЭМИ, поскольку современные системы передачи данных в подавляющем большинстве случаев используют цифровой сигнал, а СКИ ЭМИ оказывает максимальное деструктивное воздействие именно на цифровые системы передачи данных [1]. Из-за высоких энергетических

характеристик СКИ ЭМИ оказывает деструктивное влияние не только на антенно-фидерную систему устройств, но и на аппаратную часть, ввиду формирования наводок в цепях обработки информации.

Для решения задачи обеспечения скрытности нахождения источника СКИ ЭМИ наиболее целесообразным является использование распределенной системы воздействия СКИ ЭМИ на радиоэлектронные средства (РЭС), поскольку такая система позволяет оказывать точечное воздействие на РЭС и одновременно повышает скрытность, как самой системы, так и ее ключевых компонентов. Повышение скрытности источника деструктивного сверхороткоимпульсного электромагнитного воздействия является весьма актуальной задачей, поскольку подобная система позволяет выводить из строя целевые РЭС, при этом оставаясь малозаметной.

Также распределенная система будет обладать повышенной живучестью, поскольку даже при выведении из строя одного или нескольких из ее компонентов, система сможет оказывать деструктивное воздействие на радиоэлектронные устройства, хотя и несколько сниженное. Подобная концепция распределенной системы воздействия СКИ ЭМИ сегодня является практически неизученной, в первую очередь по причине отсутствия соответствующего методического аппарата [2].

1. Характер влияния СКИ ЭМИ

СКИ ЭМИ характеризуется длительностью импульса менее 10 нс. Это значительно меньше длительности электромагнитного излучения удара молнии и незначительно меньше длительности ЭМИ ядерного взрыва. Такая особенность дает СКИ ЭМИ ряд новых свойств. Ввиду большой крутизны фронта такого импульса, в пространстве формируется помеха с шириной спектра до нескольких ГГц. Известно, что такой импульс наиболее опасен из-за высокой проникающей способности вследствие непрерывного заполнения спектра.

СКИ ЭМИ может оказывать значительное влияние на работу современных устройств с длительностями информационных импульсов сопоставимыми с длительностями импульсов СКИ ЭМИ, а также на большинство современных устройств беспроводной широкополосной передачи данных из-за перекрытия спектра помехи СКИ ЭМИ с их рабочими частотами. Именно этими обстоятельствами продиктовано особое внимание к исследованиям влияния СКИ ЭМИ на современные радиоэлектронные средства.

Проведенные исследования показали, что существуют два канала деструктивного воздействия СКИ ЭМИ: непосредственно на аппаратные части устройств передачи информации и на приемные тракты. При этом следует отметить, что наиболее эффективное воздействие происходит на широкополосные приемные тракты устройств из-за широкополосности спек-

тра СКИ ЭМИ и его высокой спектральной плотности. При этом следует отметить, что уровень попадающей энергии зависит от ширины рабочей полосы устройств, и влияние на РЭС с широкополосными каналами связи будет значительно выше, чем с узкополосными, хотя при определенных параметрах СКИ ЭМИ можно обеспечить прохождение большей части энергии импульсов и по узкополосным трактам [3]. Деструктивное воздействие на аппаратные части устройств требует большей энергетики СКИ ЭМИ, чем при воздействии на широкополосные тракты устройств.

2. Распределенная система воздействия СКИ ЭМИ

Использование распределенной системы воздействия СКИ ЭМИ базируется на принципе сложения напряженности электромагнитного поля в точке, где сходятся несколько импульсных электромагнитных волн от нескольких одинаковых источников, рисунок 1. Вся излученная энергия сосредотачивается в сверхкоротком импульсе электромагнитного поля и при синхронном наложении нескольких одинаковых импульсов в пространстве, напряженность электромагнитного поля в точке наложения импульсов будет представлять собой сумму напряженностей поля каждого импульса, как показано на рисунке 1, где напряженность электромагнитного поля в точке 6 будет являться суммой напряженностей электромагнитного поля сверхкоротких импульсов, излученных элементами 1-5 распределенной системы с поправкой на расстояние от источника. Этот принцип позволяет вместо одного мощного излучателя СКИ ЭМИ использовать несколько излучателей меньшей мощности, разнесенных в пространстве и управляемых с единого пульта управления. Такая распределенная система дает возможность оказывать деструктивное воздействие на радиоэлектронные средства в конкретной точке пространства, где будут одновременно в одинаковой фазе пересекаться все излученные сверхкороткие электромагнитные импульсы. При этом влияние СКИ ЭМИ вне данной точки будет заметно ниже, поскольку энергетика электромагнитного импульса, генерируемого одиночным элементом системы не столь велика. Такой подход позволит оказывать избирательное воздействие на РЭС, при этом влияние СКИ ЭМИ на соседствующие РЭС будет значительно ниже. Это позволит решать целый ряд практических задач, где требуется точечное электромагнитное воздействие.

Кроме того, факт воздействия источника СКИ ЭМИ сложно зафиксировать, из-за очень короткого времени генерации электромагнитного импульса, а при обнаружении факта воздействия СКИ ЭМИ сложной задачей является определение местоположения генератора электромагнитных импульсов. В этом случае распределенная система имеет ряд преимуществ, поскольку элементы системы разнесены в пространстве, что еще больше усложнит задачу определения местоположения, как единичного элемента

системы, так и всей системы в целом.

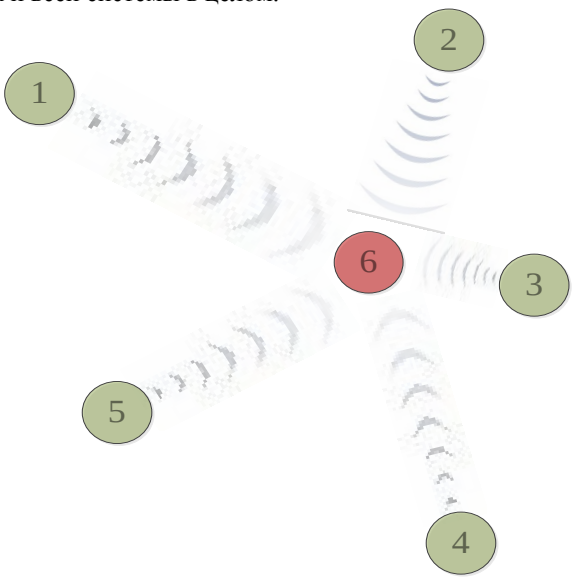


Рис. 1. Схема воздействия распределенной системы СКИ ЭМИ на РЭС,
1, 2, 3, 4, 5 – элементы распределенной системы воздействия СКИ ЭМИ, 6 – РЭС

В связи с тем, что время излучения одного сверхкороткого электромагнит-ного импульса находится в пикосекундном диапазоне, то особо важной и сложной задачей при построении распределенной системы будет являться синхронизация всех элементов данной системы. Для достижения требуемой синхронизации, целесообразно использование сверхточного таймера, который устанавливается на каждом излучающем модуле распределенной системы.

Таймеры, в свою очередь, предполагается синхронизировать, используя сигналы спутников. Подобная синхронизация элементов позволит точно рассчитать в какой момент каждый элемент системы должен будет сгенерировать электромагнитный импульс для сложения в заданной точке (чем ближе к заданной точке находится элемент, тем позже он должен сгенерировать импульс). Определение момента генерации импульса каждым из элементов системы производится системой управления всеми антенными модулями, основываясь на данных о местоположении РЭС, которое выступает в качестве цели воздействия.

Распределенное расположение источников излучения позволяет также повысить вероятность попадания энергии импульса внутрь РЭС. Если

рассматривать воздействие с разных сторон, то из-за неоднородности экранирования и диаграмм направленности приемопередающих антенн РЭС, степень влияния СКИ ЭМИ будет разной.

При влиянии на РЭС или комплекс средств, занимающих достаточно большую площадь, путем изменения задержек импульса излучающих модулей можно добиться перемещения максимума излучения по всей площади РЭС, при этом появляется возможность попадания энергии импульса в наиболее чувствительные модули РЭС.

Такой же подход при равномерном размещении излучающих модулей вокруг РЭС позволит провести детальный анализ влияния СКИ ЭМИ, позволяющий определить участки РЭС, наиболее чувствительные к воздействию СКИ ЭМИ. Такой анализ позволяет сформировать рекомендации по необходимым изменениям в конструкции РЭС для повышения их устойчивости.

Таким образом, предложенный вариант распределенной системы излучения СКИ ЭМИ позволит проводить исследования по устойчивости к воздействию СКИ ЭМИ крупных объектов без демонтажа и транспортировки отдельных узлов. Исследования могут проводится в реальных условиях. Режим излучения достаточно гибок и при постоянном мониторинге работоспособности РЭС, возможно зафиксировать критические параметры излучения, без дальнейшего увеличения энергетики поля, исключающее серьезные повреждения, исследуемых РЭС.

3. Компоненты распределенной системы воздействия комплекса

В качестве компонентов распределенной системы воздействия СКИ ЭМИ предполагается использовать устройства генерации (комплексы воздействия) СКИ ЭМИ (КВ СКИ ЭМИ), рисунок 3, состоящие из нескольких единичных антенных излучающих модулей, рисунок 2.

От количества используемых модулей зависит суммарная мощность устройств генерации. От количества устройств генерации зависит суммарная мощность системы. Эти факты обеспечивают гибкость системы при использовании. Каждый из антенных модулей обладает следующими параметрами:

- длительность импульса - 150 пс
- напряженность поля, создаваемого одним излучающего модуля на расстоянии 1 метра – 1,5 кВ/м
- максимальная частота следования импульсов – 10 МГц

К примеру, при объединении 64 единичных антенных излучающих модулей в устройства генерации, как показано на рисунке 3, достигается напряженность поля 1 кВ/м на расстоянии 100 метров от устройства. Несколько таких устройств, синхронно генерирующих импульсы позволяют

увеличить напряженность поля в заданной точке пропорционально количеству работающих устройств.

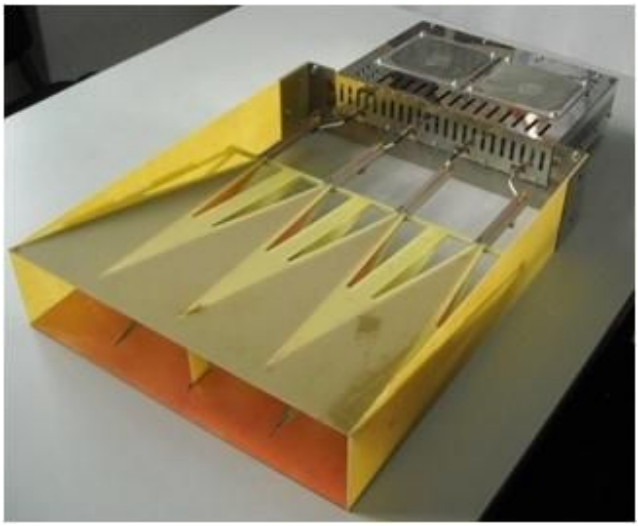
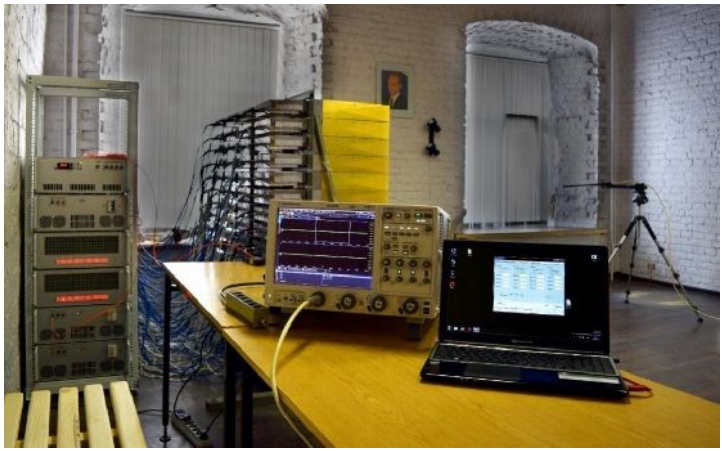


Рис. 2. Единичный антенный излучающий модуль

а



б

Рис. 3. Устройство генерации СКИ ЭМИ из 64 единичных антенных излучающих модулей,
а – мобильное исполнение, б – стационарное исполнение

На рисунке 4 схематично приведен пример действия комплекса в морской акватории.

Рис. 4. Схематичный пример действия КВ СКИ ЭМИ
в морской акватории

Заключение

Рассмотренный в статье метод использования средств воздействия СКИ ЭМИ в виде распределенной системы представляет собой перспективный способ применения генераторов СКИ ЭМИ для задач, в которых требуется точечное деструктивное воздействие на приемопередающие радиоэлектронные средства, при одновременном обеспечении высокой скрытности излучающих элементов.

Библиографический список

1. Мырова Л.О., Рязановский Т.Л. Методы подавления систем радиосвязи и компьютерных информационных систем на основе техники излучения сверх-коротких импульсов электромагнитного излучения // Системы и средства связи, телевидения и радиовещания. -М.: Изд-во ОАО "ЭКОС", 2014. - № 1, 2.-С. 60-62.

2. Балюк Н.В., Кечиев Л.Н., Степанов П.В. Мощный электромагнитный импульс: воздействие на электронные средства и методы защиты // М.: ООО «Группа ИДТ» – 2007. – С. 478.

3. Пименов П.Н. Сравнительный анализ влияния сверхкороткого электромагнитного импульса на узкополосные, широкополосные, сверхширокополосные системы радиосвязи // Технологии ЭМС. -2015. -№ 1(52). -С. 13-16.

Increase the Secrecy of the Source of Destructive Effects of Ultra-short Pulse of Electromagnetic Radiation on Telecommunication Systems

© S.A. Pronin, P.N. Pimenov, L.O. Mirova
Moscow research radio engineering institute (MNIRTI),
Moscow, Russia
e-mail: s.pronin@mnirti.ru, p.pimenov@mnirti.ru

Abstract. The urgency of using the distributed system of destructive influence of ultra-short pulse of electromagnetic radiation to increase the secrecy of its impact. The main character of the influence of the ultra-short pulse of electromagnetic radiation is considered. The basic principles of the distributed system of destructive influence and its advantages in using such a system are shown. The components for building a distributed impact system and their characteristics are presented. A schematic example of the operation of an installation in a marine aquatorium is given.

Keywords. Ultra-short pulse electromagnetic radiation, destructive impact on telecommunication systems, distributed impact system, data transmission systems.

УДК: 621.396.4

НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ПОДСИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ ОБЪЕКТА

А.С. Корсунский, Т.Н. Масленникова, О.В. Лепешкин,
А.Г. Чукариков, А.В. Карпов
ФНПЦ АО «НПО «Марс», Ульяновск, Россия
Военная академия связи, Санкт-Петербург, Россия
mars@mv.ru

Аннотация. В статье рассмотрены основные пути развития подсистемы контроля состояния защиты информации в условиях противодействия техническим средствам разведки. Рассмотрены основные недостатки существующей системы контроля. Показано, что в настоящее время объекты контроля принципиально изменились, при этом основным требованиям к мероприятиям контроля, таким как всесторонность, своевременность и достоверность, существующая система контроля в полной мере не удовлетворяет и требует перехода на качественно новый уровень информационного обеспечения.

Ключевые слова. Защита информации, техническая разведка, демаскирующие признаки, подсистема контроля.

Введение

В настоящее время криминальная деятельность организованных преступных группировок (ОПГ) и недобросовестных конкурентов практически всегда основывается на краже, промышленном шпионаже или добывании другими способами информации, позволяющей им спланировать и реализовать свои противоправные намерения. Для этого используются различные методы, включая хищение носителей информации, ее несанкционированное копирование, подслушивание, перехват информативных побочных электромагнитных излучений и наводок, перехват, модификация и уничтожение информации, передаваемой по каналам и системам связи. Особое место среди способов добывания информации занимает техническая разведка (ТР).

Система защиты информации любого объекта контроля включает в себя подсистему управления защитой (включая организационные мероприятия и технические меры), подсистему принятия решения и подсистему контроля состояния защиты (включая организационный контроль и технический контроль эффективности и надежности принимаемых мер, являющийся неотъемлемой частью защиты скрываемых объектов и информации

от технических средств разведки (ТСР)) [1].

В условиях совершенствования средств информационного противоборства, стратегии применения средств защиты должны предусматривать оптимальное организационное управление механизмами защиты, под которым понимают процесс целенаправленного воздействия на средства и механизмы защиты информации для организации эффективного их применения по назначению. Данное требование достигается интеграцией перечисленных подсистем и качественным их функционированием в комплексе [2], [3].

О развитии подсистемы контроля состояния защиты информации объекта

Для качественной и эффективной защиты от ТСР и действий нарушителя (незаконных формирований и т.д.) в каждом конкретном случае необходимо проводить тщательный анализ сведений о скрываемых объектах и учитывать возможность их проявления через соответствующие демаскирующие признаки (ДП). Поэтому так важно выявление источников информации для ТСР, анализ ДП скрываемых объектов и возможных каналов утечки информации.

Основной недостаток существующей системы защиты – попытка достичь требуемого уровня безопасности информации, применив отдельные методы и средства защиты без их увязки в единую систему защиты информации. Традиционно подсистема контроля не стала полноценно взаимосвязанной составляющей, а функционирует в значительной степени самостоятельно.

В настоящее время вне зависимости от принадлежности объектов контроля к тому или иному ведомству, как правило, контроль защищенности осуществляется пообъектово, т.е. каждый объект контролируется отдельно, зачастую без учета особенностей его работы. Имеет место, явно выраженное противоречие, заключающееся, с одной стороны в системности ведения злоумышленниками всесторонней комплексной разведки и, с другой стороны, организация и сосредоточение усилий на защите отдельных средств и процессов, а не комплексных объектов в целом. Причем, при выявлении органом контроля фактов нарушения радиоэлектронной обстановки объекта, информация независимо от других передается по инстанции того ведомства, в ведении которого находится данный объект. Доведение данных, полученных средствами контроля, до органов обработки и принятия решения, осуществляется в масштабе времени, далеком от реального. Также необходимо отметить, что вне зависимости от принадлежности, объект контроля, рабочие состояния которого неизменны, либо изменяются в пределах допустимого, контроли-

руется с применением тех же сил и средств контроля, что и объект, состояние которого динамично меняется (работа - сбой функционирования – восстановление работоспособности и т.д.). Каждый объект защиты имеет различную важность и для каждого из них существует свое допустимое время ведения контроля (как сумма времени на обнаружение нарушения ограничений и времени их пресечения). Таким образом, в ряде случаев возникает тенденция несоответствия объема сил и средств контроля защищенности реальным потребностям объекта с учетом специфики его функционирования.

Кроме того, недостатками существующей системы контроля являются:

• периодичность задействования, в том числе и достаточно редко (зачастую эпизодически);

• большое количество задействованного персонала;

• подчиненность специалистов органов контроля должностным лицам, результат работы которых подвергается контролю;

• система защиты, как таковая, разрознена и нет прямого контакта по реализации каких-либо мероприятий защиты от того или иного результата контроля;

• применяемые средства контроля в основном западного производства, не прошедших поверку метрологической службой РФ и не входящие в реестр метрологических средств РФ (не установлен приоритет в использовании отечественных средств защиты);

• низкий уровень автоматизации;

•большой по времени цикл контроля;

• системные возможности имеющихся сил и средств контроля существенно ограничены в части обеспечения требуемой полноты и оперативности проводимых мероприятий контроля;

• дублирование ряда функций между органами контроля одной подсистемы и различных систем (контроля безопасности связи, радиоэлектронной защиты, контроля технических каналов утечки информации; выявления несанкционированно установленных РЭС; контроля фактов нарушения электромагнитной совместимости).

В то же время объект контроля (элементы информационно-телекоммуникационной системы) принципиально изменился, а именно:

• объект контроля интегративен, при этом контроль организуется и обеспечивается независимо всеми структурами, что приводит к дублированию функций и задействованию большого количества сил и средств контроля;

• обладает высокой мобильностью и рассредоточенностью элементов;

• большие номенклатура и количество используемых средств связи;

• высокая динамика изменения состояния и режима использования

объектов контроля, а также их взаимной связности;

• неполнота и противоречивость обрабатываемой информации о состоянии объектов контроля;

• появились новые виды угроз.

Необходимо отметить, что за время существования ТР последовательно находилась в состояниях, обеспечивающих вскрытие одиночных объектов отдельными средствами разведки или их совокупностью; вскрытие группировки объектов (или одного объекта с его функциональным «окружением») комплексом средств разведки с осуществлением слежения за их деятельностью. Объекты стали разведываться одновременно несколькими однородными средствами разведки, данные от которых группировались (объединялись) по признаку принадлежности к объекту. Далее появилась возможность быстро и скрытно перенацеливать средства добывания с объекта на объект в больших регионах, а органам обработки – использовать при автоматизированной обработке ранее накопленные сведения. Совокупность независимых разведданных объединилась в целостную многомерно-связанную интеграцию сведений обо всей группировке объектов. Ее многомерная инфраструктура стала результатом отслеживания средствами разведки разнородных связей (пространственных, временных, структурных и функциональных) между объектами. Таким образом, очевидна тенденция постоянного совершенствования ТР [4].

На основании вышеизложенного следует вывод, что основным требованиям к мероприятиям контроля, таким как всесторонность, своевременность и достоверность, существующая система контроля в полной мере не удовлетворяет и требует перехода на качественно новый уровень информационного обеспечения органов военного управления по результатам контроля защищенности. Также существующей системе контроля свойственна сложность, а зачастую и невозможность реализации требований по своевременному выявлению и оперативному пресечению угроз безопасности информации при ее обработке на объектах, что зачастую сопряжено со слабым уровнем подготовки должностных лиц, совмещением обязанностей или, более того, практическим отсутствием органа обеспечения безопасности информации, отвечающего за организацию и проведение политики безопасности на объекте. Таким образом, из анализа особенностей существующей системы контроля можно сделать вывод о том, что это сложная система с управлением, которая должна управляться органами контроля в динамике.

Решаемые системой контроля задачи в первую очередь должны обеспечивать реализацию следующих основных функций: контроля, анализа, учета и прогнозирования. Контроль защищенности объекта контроля

заключается в выявлении отклонений между плановыми (нормативными) и фактическими показателями его функционирования, а также в выявлении причин обнаруженных отклонений.

Результаты контроля защищенности необходимы для своевременного принятия решений по корректировке режимов эксплуатации объекта контроля в целях сохранения высокой эффективности его функционирования (обеспечения живучести, электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств и систем государственного управления и т.д.).

Анализ заключается в исследовании всего множества факторов, характеризующих состояние и особенности функционирования объекта контроля в настоящее время и в некоторый заданный период с целью выявления скрытых закономерностей его развития. Учет заключается в сборе, фиксации и накоплении информации о состоянии объекта контроля. На основании учетных данных уточняется текущее состояние объекта, а также прогнозируется его поведение в будущем. Учет состояний объектов и динамики их изменения ведется в соответствующей базе данных.

Внесение изменений в базе данных (БД) должно производиться по мере поступления информации об изменениях, произошедших на объекте в соответствии со сложившейся обстановкой и требованиями действующих нормативных документов.

Периодичность внесения изменений в БД может колебаться от нескольких минут (секунд) до нескольких месяцев. Поступающие сведения сопровождаются временными метками (дата и время смены состояния или режима использования) и, при необходимости, причины этого изменения. В системе контроля защищенности собирается информация о состоянии и аномалиях на объектах контроля, которая обрабатывается должностными лицами органа контроля, а затем формируются решения по коррекции состояния этих объектов и доводятся до должностных лиц этих объектов.

Прогнозирование представляет собой определение тенденций изменения значений показателей функционирования (состояний) объекта контроля на ближайшую перспективу, а в существующей системе контроля отсутствует паспортизация объектов контроля, отражающая историю их разведзащищенности от начала функционирования до текущего момента. В результате чего, ввиду отсутствия данных о динамике изменения демаскирующих признаков объекта контроля с течением времени, прогнозирование состояний функционирования последнего не представляется возможным.

Заключение

Организация и обеспечение эффективной защиты требует достоверных данных о состоянии защищаемого объекта и необходимости системного и комплексного подхода к его защите и информации, обрабатываемой на нем. Текущий контроль (в реальном или близком к реальному масштабах времени) защищенности объекта контроля позволяет повысить эффективность системы защиты противостоять широкому спектру угроз.

Библиографический список

1. Лепешкин О.М., Рожнов А.В. Обоснование условий формирования обратной связи проблемно-ориентированной системы управления в среде радикалов // Распределенные компьютерные и коммуникационные сети: управление, вычисление, связь. XVII Международная конференция. Москва. 7-10 октября 2013 года: Материалы конференции. М.: 2013. С. 230-232.

2. Корсунский А.С., Лепешкин О.М. Подход к формализации автоматизированной информационной системы для оценки функциональной безопасности // Вопросы радиоэлектроники. 2012, Т.3, №1. С.75-82.

3. Лепешкин О.М., Корсунский А.С., Корсунская Д.С. К вопросу об оптимизации структуры инфокоммуникационных технологий в автоматизированных системах управления // Радиопромышленность, 2011, №4. С11-17.

4. Меньшаков Ю.К. Защита объектов и информации от технических средств разведки. – М.; Российский гос. гуманит ун-т, 2002. 399 с.

DIRECTIONS OF DEVELOPMENT OF A SUBSYSTEM FOR MONITORING THE OBJECT INFORMATION SECURITY STATUS

A.S. Korsunskiy, T.N. Maslennikova, O.V. Lepeshkin, A.G. Chukarikov, A.V. Karpov
FRPC JSC "RPA "Mars", Ulyanovsk city, Russia
Naval Academy of Communications, Saint-Petersburg, Russia
mars@mv.ru

Abstract. The article deals with the main trends in development of a subsystem for monitoring the object information security status under countermeasures to technical reconnaissance equipment. Major disadvantages of the existing monitoring system addressed. The article proves that nowadays the monitored objects underwent considerable changes while the main monitoring requirements such as comprehensiveness, actuality and reliability, cannot be met by the existing system. Thus, the information support should be leveraged.

Keywords: information security, technical reconnaissance, factors of recognition, monitoring subsystem.

УДК 629.423

ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА

© Д.В. Журавлев, Ю.С. Балашов
Воронежский государственный технический университет, Воронеж, Россия
e-mail: ddom1@yandex.ru

Аннотация. Разработанная система мониторинга представляет собой организационно-технический комплекс, который имеет возможность обеспечивать сбор, передачу, обработку, хранение, вывод и стратегический анализ данных. Рассмотренная концептуальная модель системы мониторинга предполагает использование модульного принципа построения системы основанного на использовании персональных средств коммуникации (смартфон, планшетный компьютер), что позволяет формировать ее иерархический состав гибко и просто в зависимости от задач применения. Выделены пути реализации устройств регистрации сигнала для подвижных биологических объектов. Проведен обзор основных блоков устройств регистрации с описанием их функциональных задач. Приведены основные аспекты реализации основной программно-управляемой части микродатчиков-регистраторов.

Ключевые слова. Мониторинг, дистанционный контроль, универсальная система, система на кристалле, декомпозиция проекта

При разработке радиотехнических устройств медицинской направленности основными являются вопросы исследования и создания новых устройств, отличающихся высокой надежностью, малыми габаритами, низким энергопотреблением. Особенно актуальны эти вопросы при создании высокоэффективных радиотехнических средств для систем дистанционного контроля функционального состояния человека (системы телемониторинга).

Среди огромного разнообразия реализаций систем телемониторинга существует необходимость выделения единой стандартизированной аппаратно-программной части, которая должна иметь возможность применения в большинстве телесистем. Данная аппаратно-программная часть должна обладать малыми габаритными размерами, весом, энергопотреблением и обеспечивать возможность регистрации, обработки и передачи в глобальную компьютерную сеть собранной информации. Аппаратно-программная часть также должна обеспечивать быстрое ее перепрограммирование для возможности использования в различных системах.

Созданная информационно-вычислительная система (ИВС) пятого

поколения позволяет устранить основные недостатки систем четвертого поколения [1]: большие капиталовложения в компьютеризацию учреждений, предъявление высоких требований к квалификации пользователей. Концептуальная модель ИВС предполагает использование блочно-модульного принципа построения системы, что позволяет формировать ее иерархический состав гибко и просто в зависимости от задач применения. ИВС также может быть использована для контроля функциональных параметров пациентов группы риска по различным заболеваниям, операторов сложного технологического оборудования, водителей автотранспорта.

Область применения системы ограничена лишь набором аналоговых и цифровых датчиков. Система способна отслеживать показания различных типов датчиков одновременно, например, следить за концентрацией углекислого газа в помещении, частотой пульса человека, атмосферным давлением и влажностью, передавая параметры на удаленный сервер. Также ИВС позволяет формировать управляющие сигналы для исполнительных устройств: включить вентиляцию, управлять освещением и т.д. Отличительной особенностью данной системы является то, что ее архитектура строится на стандартных персональных вычислительных средствах, таких как смартфон, коммуникатор, планшетный ПК или нетбук.

Разработанная ИВС является программируемым комплексом, с возможностью реализации программных алгоритмов регистрации и обработки показаний датчиков, алгоритмов и протоколов обмена по последовательным интерфейсам и радиоканалу, и позволяет: работать практически с любыми внешними датчиками, в том числе интеллектуальными, имеющими собственные встроенные алгоритмы снятия и обработки показаний; производить гибкую подстройку диапазона чувствительности системы отдельно для каждого входного канала регистрации показаний к электрическим характеристикам датчика; поддерживать программную коррекцию погрешности датчиков.

Основными показателями разработанной ИВС являются универсальность, микроминиатюризация, энергоэффективность и точность измерений [2].

Универсальность системы заключается в использовании в своем составе стандартных технических средств таких как: носимые индивидуальные средства коммуникации (смартфоны, коммуникаторы, планшетные компьютеры); активное Wi-Fi и Bluetooth оборудование; стандартные интерфейсы сетей Ethernet; серверы онлайн-хранилища распределенные в сети “Интернет”.

1. Обобщенная архитектура системы

Структурная схема трехуровневой дистанционной ИВС представлена на рис. 1. Система может включать в себя неограниченное количество “пользователей”. Под “пользователем” понимается одно персональное носимое устройство 2-го уровня, имеющее уникальный MAC-адрес.

Рис. 1. Трехуровневая дистанционная ИВ

MAC-адрес (от англ. Media Access Control – управление доступом к среде, также Hardware Address) – уникальный идентификатор, присваиваемый каждой единице активного оборудования или некоторым их интерфейсам в компьютерных сетях Ethernet. Этот номер используется для идентификации отправителя и получателя фрейма. В широковещательных сетях (таких, как сети на основе Ethernet) MAC-адрес позволяет уникально идентифицировать каждый узел сети и доставлять данные только этому узлу. Таким образом, MAC-адреса формируют основу сетей на канальном уровне, которую используют протоколы более высокого (сетевого) уровня. Для преобразования MAC-адресов в адреса сетевого уровня и обратно применяются специальные протоколы (например, ARP и RARP в сетях IPv4 и NDP в сетях на основе IPv6).

К каждому персональному носимому устройству может быть подключено несколько микродатчиков-регистраторов (устройств 1-го уровня). Возможное количество одновременно подключенных микродатчиков-регистраторов для каждого конкретного устройства 2-го уровня зависит от производительной мощности этого устройства. Программа, установленная на устройстве 2-го уровня, зная характеристики оборудования этого устройства, автоматически рассчитывает возможное количество подключаемых устройств 1-го уровня.

При появлении в системе устройства 2-го уровня необходимо пройти процедуру регистрации устройства. При этом происходит автоматическое создание разделов базы данных разбитых по группам "пользователей". Формирование локальных и глобальных групп пользователей позволяет соблюдать четкую иерархию и принадлежность конкретного обследуемого человека к медицинскому учреждению, группе больных и т.д. При этом

медицинский работник может осуществить поиск пациентов как по ФИО, так и по другим признакам идентификационной принадлежности. Все регистрируемые параметры конкретного пациента идентифицируются и записываются в общую базу данных расположенную на 3-м уровне системы. Доступ к регистрируемым параметрам пациента может быть открыт как самому пациенту, так и третьим лицам по согласованию с пациентом.

Основу ИВС составляют устройства 1-го уровня. Устройства 1-го уровня представляют собой малогабаритные приборы на основе стандартной системы на кристалле с блоками радиочастотного интерфейса. Они имеют сверхнизкое потребление питания, что позволяют им непрерывно функционировать в течение длительного времени. Применение генератора питающего напряжения, основанного на термоэлектрическом эффекте, совместно с повышающим преобразователем напряжения позволяет использовать для питания устройства энергию человеческого тела.

В структуру устройств 1-го уровня входят следующие основные блоки:

– Блок усиления и согласования уровней сигналов аналоговых датчиков;
– Цифровые интерфейсы захвата данных с интеллектуальных датчиков (при необходимости);
– Процессорное ядро, логика управления и принятия решений;
– Память программ;
– Память данных;
– АЦП;
– Блок цифровых компараторов;
– Модули приема/передачи данных;
– Блок ШИМ;
– Модуль высокоскоростного ввода/вывода;
– Модуль радиочастотного интерфейса;
– Блок питания устройства (генератор питающего напряжения, основанный на термоэлектрическом эффекте и повышающий преобразователь напряжения).

2. Этапы проектирования системы на кристалле

Обобщенная структурная схема системы на кристалле для устройств 1-го уровня показана на рис. 2.

Системное проектирование заключается в декомпозиции проекта, т.е. разбиении его на составные части, блоки, выбор общей архитектуры устройства, определении способов взаимодействия составных частей друг с другом, выборе протоколов обмена данными и сигналами управления, разработке спецификаций для каждого блока, что необходимо для обеспе-

чения предельных и оптимальных электрических, временных и функциональных характеристик структурных единиц изделия.

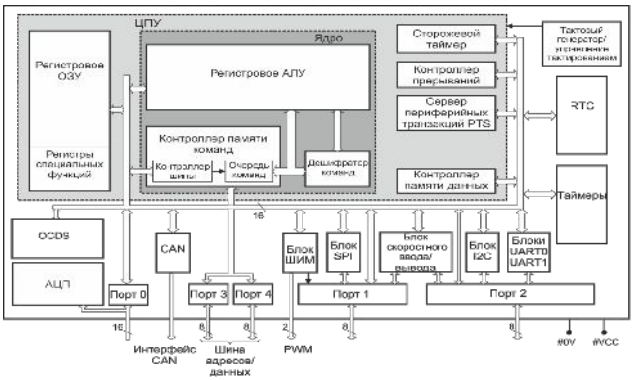


Рис. 2. Структурная схема системы на кристалле

Следующий этап – проектирование или подбор компонентов системы. На данном этапе определяются основные способы выполнения требований спецификаций, разработанных на этапе системного проектирования, осуществляется физическая разработка и отладка отдельных компонентов системы или заимствование подходящих компонентов, заключающееся в анализе и подборе наиболее подходящих компонентов в соответствии со спецификациями.

Далее идет сборка системы, физическое проектирование. На данном этапе выполняется иерархическое объединение блоков проекта в единое целое. Разработанные на этапе проектирования блоки организуются в соответствии со спецификациями в единый комплекс. Выполняется функциональное моделирование проекта, разработка физического представления системы (топология), аналоговое (смешанное) моделирование, функционально-параметрическая отладка системы. После завершения проектирования системы на кристалле проходит программное проектирование, отладка проекта. На этом этапе разрабатывается базовое программное обеспечение системы, разработка системного монитора, производится отладка программного обеспечения, отработка алгоритмов взаимодействия компонентов внутри системы и системы с внешними устройствами. Основой системы является микропроцессорное ядро, выполняющее программу, которая содержится во встроенной памяти в системе на кристалле или во внешней памяти. Система принимает решения исходя из показаний датчиков, которые могут быть подключены по двум типам интерфейсов: аналоговому и цифровому.

3. Описание работы функциональных блоков

Аналоговый интерфейс осуществляет захват показаний датчиков как непосредственно с чувствительных элементов датчиков без промежуточной обработки, так и после встроенных схем усиления датчиков (при наличии таковых), а также выполняет начальную обработку аналоговых сигналов (адаптацию к входным параметрам АЦП).

Для эффективной работы с датчиками, выходные сигналы которых могут находиться в широком диапазоне напряжений, от единиц микровольт до десятков вольт, в структуру системы входит блок усиления (нормализации) аналоговых сигналов, в составе которого используется набор операционных усилителей с регулируемым коэффициентом усиления. Слабые сигналы усиливаются, а сильные сигналы ослабляются до рабочих уровней аналого-цифровых преобразователей, осуществляющих оцифровку сигналов датчиков.

Нормализованные сигналы датчиков поступают на входы АЦП, входящих в состав системы на кристалле, которые выполняют оцифровку их в масштабе реального времени.

Цифровой входной интерфейс может принимать предварительно обработанные данные с внешних датчиков и передавать оцифрованные сигналы, для последующей обработки минуя тракт аналоговых преобразователей. Обмен цифровыми данными при этом может производиться по различным видам протоколов: CAN, RS232, RS485, SPI, I2C, LIN, параллельная шина и др. В этом случае в качестве внешних датчиков могут быть использованы интеллектуальные датчики или аналоговые датчики с внешними АЦП.

Регистратор событий, в структуру которого входят встроенные АЦП и цифровые интерфейсы приема данных, передает оцифрованные сигналы датчиков на последующую обработку, при этом данные могут быть помещены на хранение в кратковременную память.

Программа обработки показаний датчиков выполняется из внутренней памяти системы на кристалле и сравнивает текущие показания с пороговыми значениями, которые могут быть установлены предварительно и определены независимо для каждого типа или номера датчика. Количество ступеней программного компаратора ограничено фактически лишь разрядностью АЦП, что позволяет реализовать с помощью системы большое количество уровней формирования предупреждающих сообщений и индикаторов тревоги. Ресурсы системы поддерживают программную коррекцию показаний датчиков, учитывая технологически обусловленный разброс параметров датчиков, а также, в зависимости от требований потребителя, позволяют выполнять различные виды подстройки системы под показания тех или иных датчиков (температурную коррекцию, подстройку порога чувствительности и др.).

После формирования сигналов сообщений о приближении к порогу срабатывания, предупредительных сообщений или сигналов тревоги вступает в работу блок обмена данными и сигналами управления. Выработан-

ные сигналы передаются по радиоканалу на устройство 2-го уровня. Так же на устройство 2-го уровня могут быть переданы все регистрируемые сигналы в режиме реального времени.

Блок обмена данными и сигналами управления поддерживает обмен данными или командами с любыми устройствами 2-го уровня и позволяет выполнять программирование системы в соответствие с требованиями потребителя, изменять программный код в зависимости от типа используемых датчиков, корректировать алгоритмы обработки сигналов датчиков и формирования ответных сигналов, что делает систему гибкой и универсальной, обеспечивает возможность использования ее для широкого спектра приложений и применений. Ресурсы системы позволяют формировать управляющие сигналы для исполняющих механизмов (если таковые имеются), осуществлять их включение\отключение, регулировку режимов работы.

4. Пример реализации устройств 1-го уровня

Для проверки работоспособности системы и отладки аппаратно-программной части собран макет системы мониторинга функциональных параметров человека (ЭКГ, ритмограмма, пульсограмма, термограмма). В качестве датчиков входных параметров были использованы датчики EPIC, температуры и положения. Устройства радиочастотного интерфейса в микродатчиках применены стандарта 8051, IEE 802.15.4, ZigBee PRO. Они позволяют проводить Bluetooth соединение со смартфоном в автоматическом режиме. Для выхода в сеть Internet и связи с сервером смартфоны используют радиоинтерфейс стандарта Wi-Fi или передачу данных через SIM карту.

Устройства 1-го уровня конструктивно выполняются на гибкой печатной плате размером 15×50 мм.

Печатная плата включает в себя металлизированные площадки для электродов EPIC (датчики ЭКГ) и посадочное место для датчика температуры. Устройство питается от одного элемента CR2032 напряжением 3В.

Структурная схема устройств 1-го уровня (на примере существующей элементной базы) представлена на рис. 2.

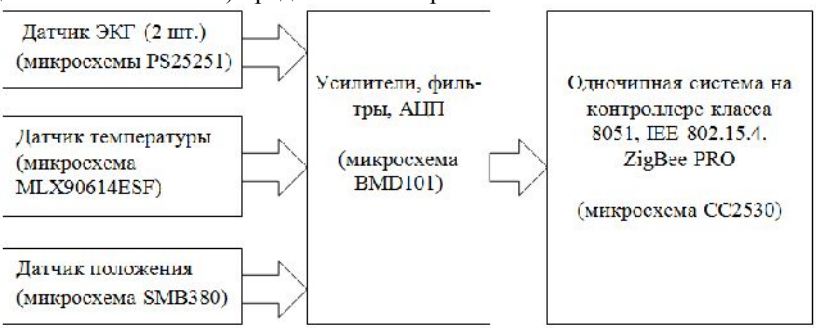


Рис. 2. Структурная схема устройств 1-го уровня

Синхронизация смартфонов и подключенных к ним микродатчиков-регистраторов дает возможность контроля следующих параметров человека:

– Регистрация и анализ ЭКГ, пульсограммы, ритмограммы;
– Измерение температуры тела человека и регистрация термограммы;
– Подсчет количества шагов;
– Отслеживание местоположения человека по GPS;
– Возможность отрисовки проделанного пути на карте;
– Отслеживание сжигаемых калорий;
– Наблюдение за осанкой человека, благодаря наличию акселерометров;
– Контроль за фазами сна человека;
– Обеспечение пробуждения человека во время благоприятной фазы сна.

Схемотехнически микродатчик-регистратор можно выполнить на двух микросхемах BMD101 [3] размером 3×3 мм и CC2530 [4] размером 6x6 мм.

Микросхема BMD101 представляет систему на кристалле для регистрации биопотенциалов. Размер микросхемы 3×3 мм. Микросхема включает в себя аналоговые входные блоки (предварительный малошумящий усилитель, сглаживающие фильтры, режекторный фильтр для среза помех 50Гц и 60Гц, фильтр низких частот), 6 разрядный АЦП и интерфейс UART. Микросхема CC2530, поддерживающая стандарт IEEE 802.15.4, предназначена для организации сетей стандарта ZigBee Pro, а также средств дистанционного управления на базе ZigBee RF4CE и оборудования стандарта Smart Energy. CC2530 объединяет в одном кристалле РЧ-трансивер и микроконтроллер, ядро которого совместимо со стандартным ядром 8051 и отличается от него улучшенным быстродействием.

ИС выпускается в четырех исполнениях CC2530F32/64/128/256, различающиеся объемом флэш-памяти – 32/64/128/256 Кбайт, соответственно. В остальном все ИС идентичны: они поставляются в миниатюрном RoHS-совместимом корпусе QFN40 размерами 6×6 мм и обладают одинаковыми рабочими характеристиками.

Датчики и электроды могут быть выполнены с использованием ниже приведенных микросхем. Микросхема PS25251 [5] представляет активный сухой электрод ЭКГ с высоким импедансом около 20 ГОм. Входная емкость составляет 15 пф. Минимальное напряжение питания ±2.4 В.

Микросхема SMB380 [6] – трехосевой акселерометр для измерения малого ускорения с выводом данных через интерфейс SPI/I2. Минимальное напряжение питания 2.4 В. Размер микросхемы 3 x 3 мм.

Микросхема MLX90614ESF [7] – датчик температуры инфракрасный. Рабочее напряжение: 3 – 5 В. Интерфейс: IIC. Точность измерения:

0.5°С

Устройства 2-го уровня представляют из себя обычный смартфон со специализированным программным обеспечением (ПО). Функции специализированного ПО:

1. Обеспечение автоматического взаимодействия с микродатчиком-регистратором;
2. Обеспечение автоматического взаимодействия с удаленным сервером;
3. Обработка полученной с датчиков информации, формирование массива данных пригодного для отображения и записи в БД;
4. Обеспечение возможности работы с полученными данными в 3-х режимах:

4.1.режим пользователя “online” (отображение регистрируемых показателей в режиме реального времени и контроль выхода параметров за установленные пределы; различная сигнализация и оповещение);

4.2.режим пользователя “отложенный” (обеспечение загрузки с сервера информации “о себе” полученной ранее и возможность ее детального анализа);

4.3.режим “специалиста” (обеспечение загрузки с сервера информации по заданной группе пользователей и возможность ее детального анализа).

3-й уровень представляет собой классическое “Облачное хранилище данных” с установленным специализированным ПО. Данное ПО осуществляет взаимодействие базы данных (БД) системы на MySQL Server version 5.5 и разработанного сайта (управляющей оболочки) на языке высокого уровня PHP 5.3.

ПО обеспечивает возможность многоуровневого доступа пользователей к базе данных БД. Также обеспечивает возможность расширенного отображения и анализа полученных данных.

Разработанная система позволяет в режиме реального времени собирать и обрабатывать информацию о функциональном состоянии группы неограниченного количества пользователей. Благодаря малым габаритным размерам и пониженным напряжением питания микродатчиков-регистраторов они могут находиться на теле человека долгое время не причиняя каких либо неудобств. Благодаря разработанной системе контроль функционального состояния человека переходит на новый уровень и становится доступным рядовым людям без медицинского образования.

Библиографический список

1. Журавлев, Д.В. Системы дистанционного контроля функциональных параметров человека: Монография /Д.В. Журавлев, Ю.С. Балашов, А.А. Костин, К.М. Резников. Воронеж: ГОУВПО «Воронежский государственный технический университет», 2009. 220 с.

2. Ахутин, В.М. Биотехнические системы: Теория и проектирование: Учеб. пособие / В.М. Ахутин, А.П. Немирко, Н.Н. Першин, А.В. Пожаров, Е.П. Попечителев, С.В.Романов. – Л.: Из-во Ленингр. ун-та, 1981. - 220 с.

3. BMD101 Product Brief (Preliminary) [Электронный ресурс]: Режим доступа: World Wide Web. URL: http://datasheet-pdf.com/PDF/BMD101-Datasheet-NeuroSky-836731

4. CC2530F32, CC2530F64, CC2530F128, CC2530F256 [Электронный ресурс]: Режим доступа: World Wide Web. URL: http://www.datasheetlib.com/datasheet/99300/cc2530_ti-texas-instruments.html#datasheet

5. PS25251 EPIC Ultra High Impedance ECG Sensor Advance Information [Электронный ресурс]: Режим доступа: World Wide Web. URL: http://eu.mouser.com/ds/2/613/91766-257225.pdf

6. SMB380 Triaxial acceleration sensor [Электронный ресурс]: Режим доступа: World Wide Web. URL: http://mail.olimex.com/Products/Modules/Sensors/MOD-SMB380/resources/SMB380_Preliminary_Datasheet_Rev13_20070918.pdf

7. MLX90614 family Single and Dual Zone Infra Red Thermometer in TO-39 [Электронный ресурс]: Режим доступа: World Wide Web. URL: http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/218978/ETC2/MLX90614ESF-DAA.html

COMPUTING CONTROL SYSTEM OF HUMAN FUNCTIONAL STATE

© D.V. Zhuravlev, Y.S. Balashov Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia

e-mail: ddom1@yandex.ru

Abstract. The developed monitoring system is an organizational and technical complex, which has the ability to provide the collection, transfer, processing, storage, output and strategic data analysis. The article considers a conceptual model of the monitoring system involves the use of modular systems based on the use of personal means of communication (smartphone, tablet computer) that allows you to create a hierarchical structure flexibly and simply depending on applications. The selected way of implementation of the device registration signal for moving biological objects. A review of the main units of the devices registering with a description of their functional tasks.The main aspects of the implementation of primary software-driven part of the registrars.

Keywords. Monitoring, remote control, universal system, system on chip, decomposition of the project

УДК 621.372.2

ОПТИЧЕСКАЯ КОМБИНИРОВАННАЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННАЯ СИСТЕМА С ИНЖЕКЦИЕЙ ТОРЦЕВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ВОЛОКОННО СВЕТОВОДА В АТМОСФЕРНЫЙ СЕГМЕНТ

Кузяков Б.А., Щербакова С.Н.
Московский Технологический Университет, Москва, Россия
e-mail:b.a.kuzyakov@yandex.ru

Аннотация. В традиционных оптических комбинированных системах связи используются конвертеры сигналов из оптического диапазона в радиочастотный и обратно. Для ряда применений, более эффективными могут быть структуры с инжекцией торцевого излучения волокна в атмосферный сегмент. В рассматриваемой структуре, излучение, выходящее из торца конического световода, поступает на вход 2-х линзового телескопа. Приводятся зависимости ряда параметров телескопа от изменения диаметра фокального пятна в диапазоне от 30 мкм – до 350 мкм. Преимущества такой системы, включающие снижение уровня шумов и стоимости, подтверждаются опубликованными результатами ряда зарубежных фирм-разработчиков.

Ключевые слова. Оптические комбинированные системы связи, атмосферный сегмент, конический световод, диаметр фокального пятна,2-х линзовый телескоп.

В наше время интенсивно разрабатываются и широко применяются оптические комбинированные телекоммуникационные системы (ОКТС) [1 - 4]. Ряд атмосферных лазерных систем, в диапазоне $\lambda = 1{,}55$ мкм, выпускаются отечественными предприятиями малыми сериями, со скоростями 1 Гбит/с, с интерфейсом Gigabit Ethernet, на относительно небольшие дальности связи, при требуемом коэффициенте доступности. При этом, трудно использовать одномодовые световоды. Это связано с тем, что в одномодовом световоде, даже при относительно небольшой передаваемой мощности, плотность мощности в сердцевине оказывается очень высокой [4]. Так, в одномодовом волокне с диаметром сердцевины 5 мкм, при мощности сигнала ~ 1 мВт, на длине волны 1,55 мкм, плотность мощности в сердцевине превышает 3 кВт/см^2**.** Такого ограничения на мощность сигнала, удается избежать в традиционных системах связи (симплекс) с использованием конвертеров сигнала (рис. 1, *а*).

На рис. 1, пп. 2 - представляет сегмент волоконной оптической линии связи (ВОЛС), а пп. 3 – 4 – 5 - представляют сегмент атмосферной оптической линии связи (АОЛС). При сложной трассе всей телекоммуникационной линии и в ряде других случаев применяются волоконно-оптические согласователи (ВОС) с телескопической системой (ТС). Один из перспективных вариантов такой системы приведен на рис. 1, *б*). При

этом, для получения большой выходной мощности можно использовать конические (КС) световоды с большим диаметром сердцевины [5] на выходном торце (порядка 100 мкм и более). Примеры параметров конического волокна показаны на рис. 2.

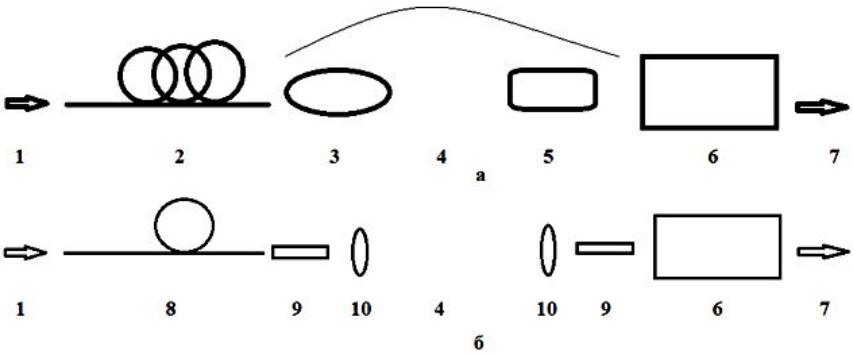


Рис. 1. Структурная схема оптических комбинированных телекоммуникационных систем: а) традиционной линии связи; б) перспективный вариант линии связи; 1- информационный сигнал; 2 – сегмент ВОЛС; 3 – модуль передатчика сегмента АОЛС; 4 – атмосферная трасса; 5 - модуль приемника сегмента АОЛС; 6 – система обработки сигнала; 7 – выходной сигнал; 8 - волоконный световод; 9 – конический световод; 10 – оптический телескоп

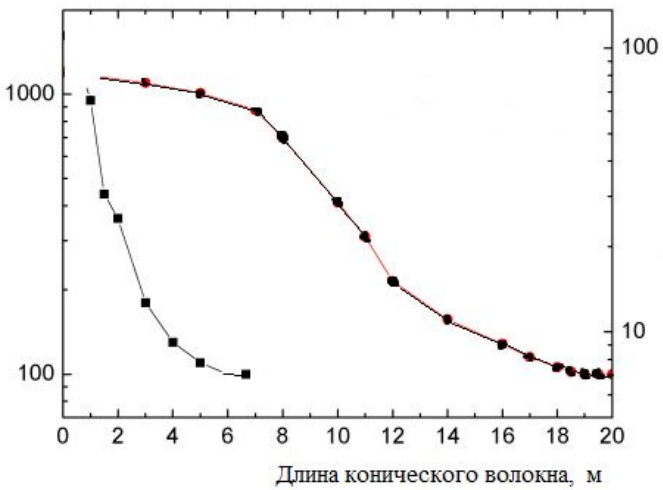


Рис.2. Выходные диаметры конического волокна (мкм, левая ось), входные иаметры (мкм, правая ось) при разной его длине: 7 м (квадраты) и 20 м (кружки)

В этом случае, плотность мощности в сердцевине на торце, при упомянутом уровне мощности ~ 1 Вт/см^2, что значительно ниже лучевой прочности материала световода и порогового уровня возникновения значимых нелинейных эффектов.

Кроме того, в ряде недавних работ было показано, что КС поддерживают одномодовый режим, обеспечивают хорошее качество излучения и не требуют применения дополнительной селекции мод. Взаимосвязь угловой расходимости излучения с диаметром сердцевины волокна [5] приведены на рис. 3.

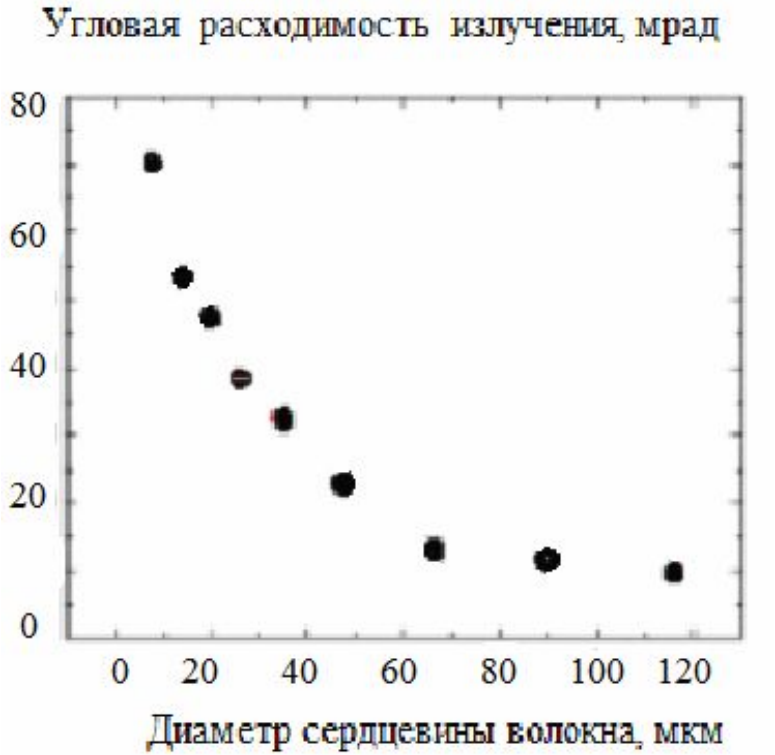


Рис. 3. Связь угловой расходимости излучения с диаметром сердцевины волокна

Эта зависимость, с использованием ПО WolframAlpha, наилучшим образом, аппроксимируется:

А) кубической функцией, вида $– 0.00013683\ x^3 + 0.0333977\ x^2 – 2.81086\ x + 94.0194$ ($R^2 = 0{,}996278$),

или С) функцией, вида $89.8351e^{-0.0282149x}$ ($R^2 = 0{,}99515$). Зависимость параметра качества пучка M^2 (МхМ) от диаметра сердцевины волокна,

при общей длине конического волокна 7 м, приведена на рис. 4.

Приведенные данные, подтверждают возможность реализации высоких параметров качества пучка излучения, при использовании конического волокна значительной длины (~ 5 - 10 м). При этом, на выходном торце конического световода (в системе связи - по рис. 1б) формируется излучение требуемой, для поставленной задачи, мощности. Далее, излучение, выходящее из торца конического световода (в системе связи - по рис. 1б), поступает на вход ТС. В работах [6, 7] приводятся зависимости ряда параметров ТС от изменения диаметра фокального пятна в диапазоне от ~ 30 мкм - до 350 мкм. Этот диапазон перекрывает диапазон диаметров выходного торца конического световода. Они содержат и зависимости эффективности световой энергии (ЭСЭ), которая определяется как отношение доли сконцентрированной энергии в заданной области пространства. Пример такой зависимости [7] приведен на рис. 5.

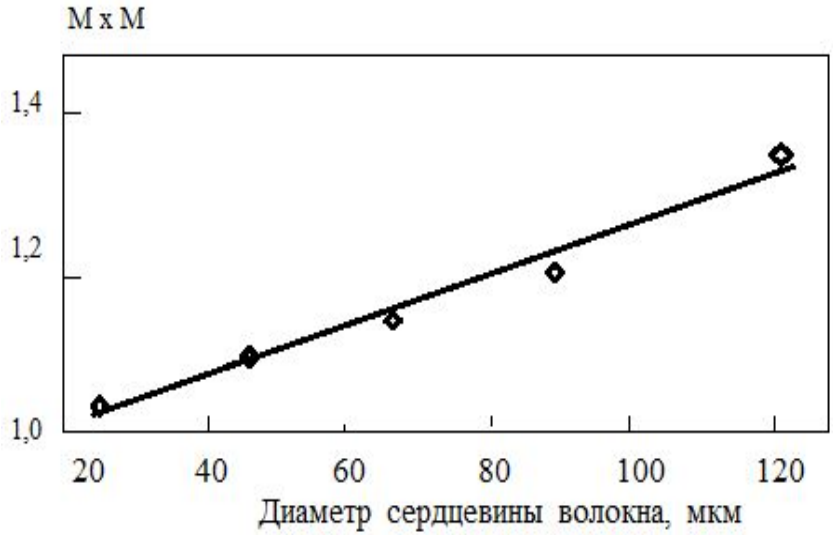


Рис. 4. Связь параметра качества пучка излучения M x M с диаметром сердцевины волокна

Эта зависимость, с использованием ПО WolframAlpha, наилучшим образом аппроксимируется натуральной логарифмической функцией, вида: 1.46281 log (134.8 x) (R^2 = 0.999878). Из рис. 5, видно, что при диаметре фокального пятна прецизионной ТС - 0,1 мм, величина ЭСЭ приближается к 0,8. При этом, следует заметить, что эффективность световой энергии ~ 80 %, считается весьма высокой. Вариант конструкции КС с вариацией диаметров выходного торца конического световода приведен на рис. 6.

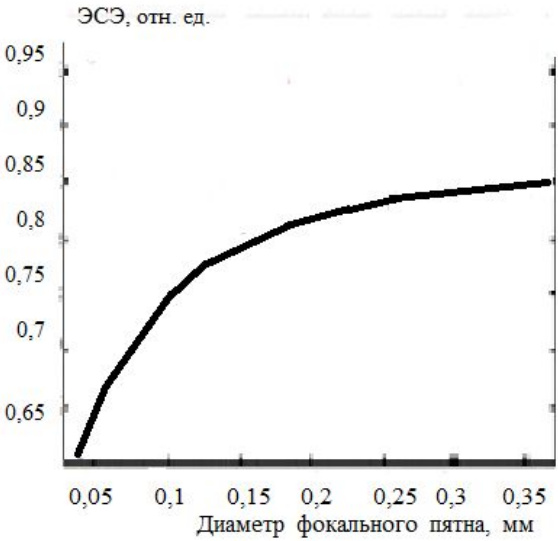


Рис. 5. Связь ЭСЭ с диаметром фокального пятна с прецизионной ТС

Рис. 6. Вариант конструкции КС с вариацией диаметров выходного торца конического световода

При выполнении работы, наилучшие результаты согласования рассматриваемых фрагментов системы, получены при равенстве площадей моды на выходном торце КС и фокального пятна прецизионной ТС. Таким образом, при совершенствовании ОКТС применение КС создает ряд преимуществ всей системе. Выявленные преимущества такой высокоскоростной системы, включающие снижение уровня шумов и стоимости, подтверждаются опубликованными результатами [8] ряда зарубежных фирм-разработчиков.

Библиографический список

1. Листвин А.В., Листвин В.Н., Швырков Д.В. Оптические волокна для линий связи. М. - Вэлком. 2002. 106 С.

2. Кузяков Б.А. Оптимизация комбинированной телекоммуникационной системы с волоконными и атмосферными сегментами // Т - Comm. Телекоммуникации и транспорт. 2012. № 8. С. 41 - 43.

3. Кузяков Б.А. Оптическая гибридная система передачи информации с вариациями состояний орбитальных угловых моментов фотонов. 18-я международная нтк «Цифровая обработка сигналов и ее применение - ДСПА – 2016». – 2016. Сб. Трудов. - ч. 3. С. 61 - 65.

4. Wang B.G. Modeling of transient modal instability in fiber amplifiers // Optics Express. 2013. Vol. 21. Issue 10. P. 12053 - 12067.

5. Ustimchik V., Kerttula J., Filippov V., Chamorovskii Y., Okhotnikov O. G. Mode evolution in long tapered fibers with high tapering ratio // Optics Express. 2012. Vol. 20. Issue 23. P. 25461 - 25470.

6. Bäuerle A., Bruneton A., Wester R., Stollenwerk J., Loosen P. Algorithm for irradiance tailoring using multiple freeform optical surfaces // Optics Express. 2012. Vol. 20. Issue 13. P. 14477 – 14485.

7. Feng Z., Huang L., Gong M. Focal-plane irradiance tailoring using the concept of Woofer-Tweeter deformable mirrors // Optics Express. − 2014.− Vol. 22. − Issue 8. − P. 8871 - 8879.

8. Lu H. H., Li C. Y., Chen H. W., Yang Z. Y., Lin X. Y., Cheng M. T., Lu C. K., Shih T. T., "45 Gb/s PAM4 transmission based on VCSEL with light injection and optoelectronic feedback techniques," Opt. Lett. -2016. – V. 41. - N. 21. - P. 5023–5026.

OPTICAL COMBINED TELECOMMUNICATION SYSTEM WITH FACIAL INJECTION FIBER LIGHT IN ATMOSPHERIC SEGMENT

B.A. Kuzyakov, S.N. Shcherbakova
***Moscow Technological University, Moscow,* Russia**
e-mail:b.a.kuzyakov@yandex.ru

Abstract. In traditional optical combined communication systems, signal converters are used from the optical range to the radio frequency and back. For a number of applications, structures with injection of fiber end radiation into the atmospheric segment can be more efficient. In the structure under consideration, radiation emanating from the end of the conical fiber enters the input of a 2-lens telescope. Dependences of a number of telescope parameters on the change in the diameter of the focal spot in the range from 30 μm to 350 μm are given. The advantages of such a system, including a reduction in noise and cost, are confirmed by the published results of a number of foreign firms-developers.

Keywords. Optical combined communication system, atmospheric segment, conical fiber, focal spot diameter, 2-lens telescope

УДК 621.372.2

УСТОЙЧИВОСТЬ КОМБИНИРОВАННОЙ ОПТИЧЕСКОЙ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ В ТУРБУЛЕНТНОЙ АТМОСФЕРЕ

Б.А. Кузяков, В.А. Шмелев, В.В. Арестов, Ф.Н. Бузылев, Михнюк С.П.
Московский Технологический Университет МИРЭА, Москва, Россия
e-mail:b.a.kuzyakov@yandex.ru

Аннотация. В работе анализируется влияние турбулентных эффектов в атмосфере на оптические телекоммуникационные системы. Приведены примеры динамики профиля Бессель – Гауссового пучка в турбулентной атмосфере. Показано, что использование методов коррекции позволяет значительно повысить уровень устойчивости оптического телекоммуникационного канала.

Ключевые слова. Оптическая, комбинированная телекоммуникационная система, турбулентность атмосферы, лазерный луч, колебания, уменьшение влияния, методы коррекции.

В наше время интенсивно разрабатываются и широко применяются атмосферные беспроводные оптические линии и разветвленные сети телекоммуникации [1 - 2]. В них передача информации осуществляется в открытом пространстве остронаправленным лазерным лучом в условиях прямой видимости. В ряде случаев для реализации телекоммуникационной связи между разнообразными объектами необходимы комбинированные системы (КТС). Ряд атмосферных лазерных систем, выпускаются малыми сериями, базовые параметры нескольких АОЛТ (полный дуплекс) со скоростями 1 Гбит/с, с интерфейсом Gigabit Ethernet приведены далее. Для модели 1000M-AC2 («Оптические Телесистемы»), рекомендуемая дальность связи, составляет - 0,7 – 1,5 км, а для модели ML GE-5 («Мостком») – 0,4 км на длине волны 785 нм. В модели M1 - GE («Мостком») реализуется передача сигналов со скоростью 1000 Мбит/с, используется технология «двойного канала», встроенный служебный канал, предусмотрена возможность увеличения рабочей дистанции с 1200 до 4400 м (с кодом - L). Кроме того, предусмотрена возможность доукомплектования оборудованием резервного радиоканала 5,2 – 5,8 ГГц.

Системы Free Space Optics, на платформе ЛАНтастика, позволяют связать: Сегменты локальных вычислительных сетей; Телефонные станции; Центры обработки данных; Локальную сеть с сетью Интернет у Провайдера услуг; Сервер видеонаблюдения с оконечной видеоаппара-турой до HDTV включительно; Серверы с автоматически управляемыми произ-

водственными комплексами на предприятиях и т.д.; Базовые станции в сетях 3G/4G, WiMAX и LTE параллельно с уже используемыми РРЛ с ограниченной полосой пропускания (снижая использование радиочастот, на порядок увеличивая пропускную способность, и осуществляя резервирование/дублирование).

Из этих материалов, видно, что максимальная дальность связи, зависящая от дальности видимости М, при высоком коэффициенте доступности, для ряда перечисленных моделей составляет значительную величину.

При решении задач повышения доступности и устойчивости атмосферного канала был проведен анализ, в котором выделены основные направления оптимизации системы КТС [3 - 4]. Общая схема АОЛС включает: источник лазерного излучения с модулятором, на который поступает информационный сигнал; модуль передающей антенны; атмосферный канал повышенной дальности; модуль приемной антенны; модуль фотоприемного устройства на основе быстродействующего PIN фотодиода или APD с предусилителем и системой обработки сигнала. Доступность АОЛС непосредственно связана с величиной поступающей лазерной мощности на приемник P_r и отношением сигнал/шум SNp . Величину P_r можно оценить по следующему выражению:

$$P_r = \sigma P_t G_t \tau_t G_r \tau_r \left(\frac{\lambda}{4\pi}\right)^2 \left(\frac{1}{R^2}\right), \qquad (1)$$

здесь, σ – коэффициент пропускания атмосферы, P_t - мощность передатчика, τ_t - потери мощности в передатчике, τ_r - потери мощности в приемнике, D_t - диаметр антенны передатчика, D_r - диаметр антенны приемника, R - расстояние между передатчиком и приемником, $G_t = \left(\pi D_t / \lambda\right)^2$, $G_r = \left(\pi D_r / \lambda\right)^2$.

В формулу (1) входит коэффициент σ, определяющий величину ослабления (затухания) лазерного излучения в атмосфере Земли и зависящий от ряда ее факторов. Такими факторами являются селективное молекулярное поглощение и рассеяние, а также селективное рассеяние на частицах (аэрозолях). Атмосферные газы аэрозоль вызывают преимущественно энергетическое ослабление лазерного излучения. Их влияние достаточно хорошо изучено и широко описаны в обширной литературе. Однако часто возникают флуктуации показателя преломления воздуха, которые, вызывая искажение пространственного распределения амплитуды и фазы распространяющейся волны, приводят к случайному перераспределению энергии в оптических лучах. Флуктуации показателя преломления возникают вследствие турбулентного перемешивания микрообъемов воздуха в термически расслоенной атмо-

сфере. Турбулентное движение воздуха [3, 5, 6], вызывается несколькими атмосферными процессами: а) трение воздушного потока о поверхность Земли и образование вследствие этого профиля скорости ветра с большими вертикальными градиентами; б) термическая конвекция, связанная с неодинаковым нагреванием различных участков подстилающей поверхности; в) изменение поля температуры и скорости ветра в результате облакообразования и т.п.

Эти процессы приводят к возникновению крупномасштабных вихрей, с характерным размером L_0, называемом внешним размером турбулентности. Если разница в скоростях на расстоянии L_0 велика, то такие вихри становятся неустойчивыми и распадаются на более мелкие вихри, передав им свою энергию. Процесс дробления продолжается до состояния, когда их размер приблизится к значению l_0, называемому внутренним размером турбулентности. Интервал масштабов между L_0 и l_0 называется инерционным. В соответствии с гипотезами Колмогорова – Обухова, турбулентные флуктуации показателя преломления воздуха в атмосфере характеризуются структурной функцией [5 - 6], в которую входит структурная характеристика C_n^2 показателя преломления. Типичный диапазон изменения C_n^2 в летний день на высоте 2,5 м от земной поверхности, задается неравенством:

$$k_1 10^{-16} \leq C_n^2 \leq k_2 10^{-12} \qquad (2)$$

здесь k_1, k_2 - целые числа, близкие к 1.

Отклонения от степенного спектра Колмогорова – Обухова в интервале диссипации и энергетическом интервале учитываются в (1) путем введения дополнительных функций.

Для оценки влияния турбулентных эффектов на распространение лазерных пучков можно использовать следующее выражение:

$$P_r^{**} = P_r\, \beta(r), \qquad (3)$$

здесь, $\beta(r)$ – коэффициент смещения центра пучка от центра приемника.

Коэффициент $\beta(r)$ зависит от уровня турбулентности атмосферы. Данная формула позволяет оценивать основные параметры АОЛС и проводить моделирование. Для повышения уровня устойчивости системы передачи информации в атмосфере могут применяться несколько методов.

Один из методов состоит в использовании бесселеподобных пучков (рис.1). Нужно заметить, что на нем приведены только первые главные максимумы пучка, а не полное точное решение непараксиального уравнения Гельмгольца, более подробно рассмотренное в работе [2].

Из рис.1 видно, что при прохождении Бессель – Гауссового пучка в турбулентной атмосфере на расстоянии до $C_1 = 400$ м общий качественный вид пучка практически сохраняется.

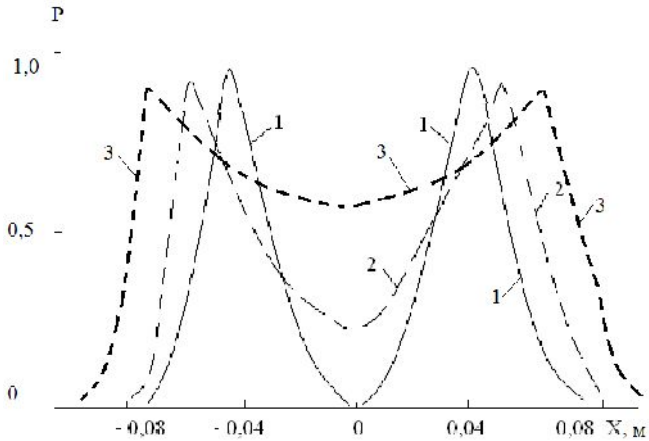


Рис. 1. Динамика профиля Бессель-Гауссового пучка в турбулентной атмосфере: 1 – C_1 = 400 м; 2 – C_2 = 700 м; 3 – C_3 = 1000 м

После прохождении такого пучка на расстоянии до C_2 = 700 м, общий качественный вид пучка немного изменяется. При этом, ширина пучка несколько увеличивается и в центре пучка интенсивность становится отличной от нулевой. С одной стороны, профиль пучка 2 существенно отличается от фундаментального Бесселевого пучка, но в то же время его количественные параметры не сильно изменяются при распространении на расстояние C_2. В то же время, для пучка, прошедшим расстояние C_3, полная ширина пучка (по уровню 0,5 максимума) возрастает на 46%, а интенсивность пучка в центре при X=0 возрастает более, чем на 60%. В связи с тем, что профиль пучка входит в выражение для флуктуации фазы [5 - 6], при изменении профиля пучка при прохождении в турбулентной атмосфере, могут изменяться и его фазовые параметры. Однако, как показывают качественные оценки изменения величин флуктуаций фазы при прохождении трассы в турбулентной атмосфере до дистанций C_1, C_2 они не превышают 20%, это подтверждает оценки, приводимые в работах [5- 6]. При большей протяженности системы связи, например C_3, профиль бесселеподобного пучка 3 изменяется в большей мере (рис.1), поэтому необходимы более строгие расчеты с учетом изменения профиля пучка при его прохождении в турбулентной атмосфере.

Наряду с этим, для повышения уровня устойчивости системы передачи информации в атмосфере могут применяться несколько других методов. Наибольшее распространение получил метод коррекции волнового фронта Шарка – Гартмана (МШГ) и метод коррекции фазы (МКФ), использующий состояния орбитального углового момента (ОАМ) фотонов [1 - 3]. В МШГ используется датчик волнового фронта Гартмана, сигналы ко-

торого поступают в модуль управления адаптивной оптикой для корректировки системы телекоммуникации. В МКФ используется поток фотонов с определенной модой ОАМ, в приемном модуле выбираются фотоны с соответствующей модой ОАМ, что позволяет реализовать корректировку системы телекоммуникации.

На основе проведенных расчетов и анализа работ [2 - 4] можно отметить, что использование МКФ приводит к улучшению коррекции системы телекоммуникации, в сравнении с МШГ во всем диапазоне вариаций С-1: от 1Е-16 до 1Е-12. Так, например, при $L_0^2 = 1$, для С-1, соответствующей 1Е-12 (показана вертикальной штрих - пунктирной линией на рис. 2), относительная устойчивость телекоммуникационного канала при МКФ возрастает до 0,52 в сравнении с 0,25 при МШГ и в сравнении с величиной 0,15 для системы без коррекции.

Таким образом, можно отметить, что относительную устойчивость телекоммуникационного канала, связанную с дисперсией флуктуации интенсивности на оси лазерного пучка в турбулентной атмосфере, можно повысить при использовании методов коррекции [5, 7]. Причем, МКФ обладает существенным преимуществом в сравнении с другими рассмотренными методами.

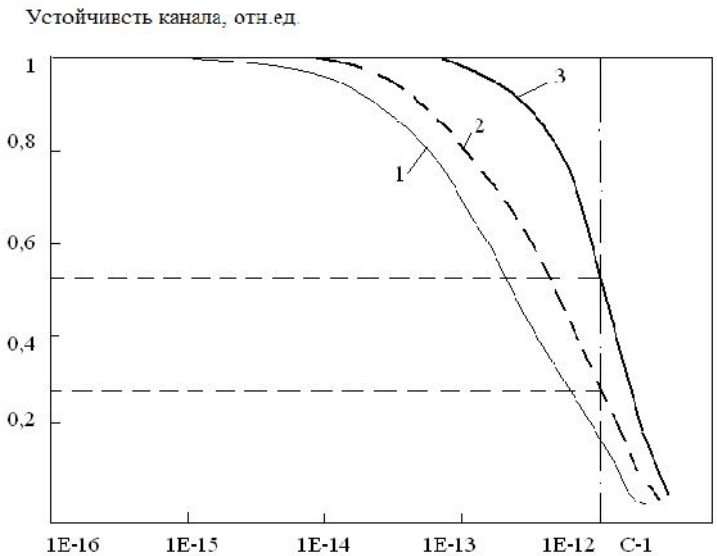


Рис. 2. Сравнение относительной устойчивости телекоммуникационного канала при использовании ОАМ состояний фотонов в турбулентной атмосфере с применением коррекций МШГ и МКФ (С-1 – показатель турбулентности C_n^2): 1 – без коррекции, 2 – с использованием МШГ, 3 – с МКФ

Библиографический список

1. Милютин Е.Р. Атмосферные оптические линии связи в России // Вестник связи. – 2008. - №2. - с. 89 − 90.
2. Zhu K., Zhou G., Li X., Zheng X., Tang H. Propagation of Bessel-Gaussian beams with optical vortices in turbulent atmosphere // Opt. Express. 2008. v. 16.N. 26. P. 21315 - 21320.
3. Кузяков Б.А., Кириллова Ю.А. Оценки дисперсии флуктуации интенсивности лазерных пучков в турбулентной атмосфере // II Всероссийская конференция по фотонике и информационной оптике. Сборник научных трудов. МИФИ. - М. - 2013. - с. 211 - 212.
4. Засовин Э.А., Кузяков Б.А., Тихонов Р.В., Шмелев В.А. Повышение доступности оптической телекоммуникационной системы с атмосфер-ными сегментами // Научный журнал «Ученые записки РГСУ». – 2014. - № 4. - т. 1. - с. 175 – 181.
5. Зуев Е.В., Банах В.А., Покасов В.В. Оптика турбулентной атмосферы // Л. – Гидрометеоиздат. - 1988. – 270 с.
6. Аксенов В.П., Банах В.А., Валуев В.В., Зуев Е.В. Мощные лазерные пучки в случайно-неоднородной атмосфере //Новосибирск, СО РАН. 1998. 341 с.
7. Кузяков Б.А., Тихонов Р.В. Способы уменьшения влияния турбулент- ной атмосферы на надежность оптической системы связи. // V Между-народная конференция по фотонике и информационной оптике: Сборник научных трудов. М.: НИЯУ МИФИ. 2016. с. 55 – 56.

SUSTAINABILITY OF OPTICAL COMBINED TELECOMMUNICATION SYSTEMS IN TURBULENT ATMOSPHERE

B.A. Kuzyakov, V.V. Shmelev, V.V. Arestov, F.N. Buzylyov, S.P. Mikhniuk
Moscow Technologial University, Moscow, Russia

e-mail: b.a.kuzyakov@yandex.ru

Abstract. This scientific work explores the influence of turbulent effects in the atmosphere on optical communication systems. The examples of the Bessel-Gauss beam profile dynamics in a turbulent atmosphere are given. It is clearly shown that the use of correlation methods allows increasing the level of sustainability of optical telecommunication systems.

Keywords. Optical telecommunication systems, atmospheric turbulence, laser ray, oscillations, decreased influence, correlation methods.

УДК 537.86

Математическое моделирование однослойных и многослойных электромагнитных экранов СВЧ

© Г.И. Хмельник, О.И. Пугачев, И.Б. Козловский, О.Ю. Мамаева
Московский технологический университет, Москва, Россия
e-mail: gnn-medvedkovo@rambler.ru

Аннотация. Рассмотрены задачи математического моделирования однослойных электромагнитных экранов на базе шиповидных структур. Рассмотрены вопросы моделирования многослойных экранов с градиентными слоями и слоями в виде комплементарной шиповидной периодической структуры. Предложенная структура позволяет улучшить характеристики электромагнитных экранов.

Ключевые слова. Электромагнитный экран, распределение Дебая, градиентная структура, комплементарная структура.

В настоящее время радиопоглощающие экраны широко используются в технике СВЧ, антенной технике, радиолокации, задачах электромагнитной совместимости, создания средств защиты от полей радиочастот.

В докладе рассматривается ряд задач математического моделирования однослойных и многослойных электромагнитных экранов СВЧ. В основе методики математического моделирования лежит уравнение для коэффициента отражения электромагнитной волны от слоистой среды с произвольным законом изменения параметров [1]. Содержание статьи тематически связано с публикациями [2 - 8]. Предполагается, что диэлектрические потери в активном материале экрана при математическом моделировании радиопоглощающих свойств часто определяются на основе формул Дебая [5, 7, 8]. Предполагается, что выполнятся зависимости между параметрами распределения Дебая, изложенные в [5, 8].

1. Задача рассеяния электромагнитных волн на слое магнитодиэлектрика с произвольным законом изменения параметров

Решение задачи основывается на решении уравнения для коэффициента отражения электромагнитной волны V от слоя с произвольным законом изменения параметров [1]:

$$\frac{dV}{dz} = -2i\beta V + \gamma(1 - V^2). \qquad (1)$$

Под Н-поляризацией мы будем понимать случай, когда вектор $\vec{\mathbf{H}}$ параллелен границам слоев, а под Е-поляризацией понимается случай, когда вектор $\vec{\mathbf{E}}$ перпендикулярен плоскости падения и направлен вдоль оси у.

В случае Е – поляризации имеем:

$$\gamma=\frac{\frac{d\beta}{dz}}{2\cdot\beta}. \qquad (2)$$

Если вектор $\vec{\mathbf{E}}$ лежит в плоскости падения (H – поляризация), имеем:

$$\gamma=-\frac{1}{2}\cdot\frac{d}{dz}\left(\frac{\beta}{k^2}\right)\cdot\frac{k^2}{\beta}. \qquad (3)$$

Здесь k(z)- волновой вектор, ϑ - угол падения,

$$k(z)=\frac{2\cdot\pi}{\lambda}\sqrt{\varepsilon^e(z)\mu^e(z)}, \qquad (4)$$

где $\varepsilon^e(z)$, $\mu^e(z)$- функции, определяющие зависимость эквивалентной (комплексной) диэлектрической и магнитной проницаемости от координаты z.

$$\beta(z)=k(z)\cos\vartheta=\frac{2\cdot\pi}{\lambda}\sqrt{\varepsilon^e(z)\mu^e(z)}\cdot\cos\vartheta. \qquad (5)$$

В случае E-поляризации имеем:

$$\gamma=\frac{\frac{d\beta}{dz}}{2\beta}=\frac{1}{4\varepsilon^e(z)\mu^e(z)}\left(\frac{d\varepsilon^e(z)}{dz}\mu^e(z)+\varepsilon^e(z)\frac{d\mu^e(z)}{dz}\right). \qquad (6)$$

При H-поляризации получим совпадающее с (9) выражение:

$$\gamma=\frac{1}{4\varepsilon^e(z)\mu^e(z)}\left(\frac{d\varepsilon^e(z)}{dz}\mu^e(z)+\varepsilon^e(z)\frac{d\mu^e(z)}{dz}\right). \qquad (7)$$

2. Постановка задачи о распространении электромагнитных волн в мелкослоистых средах

Рассмотрим распространение электромагнитных волн в среде, состоящей из бесконечно чередующихся слоев двух различных однородных и изотропных веществ. Если толщины этих слоев достаточно малы по сравнению с длиной волн в них, то такая сложная среда в целом ведет себя как однородная, но анизотропная. В определении электрических параметров этой среды и состоит наша задача в данном разделе.

Из симметрии задачи ясно, что для определения средних постоянных среды достаточно рассмотреть три случая распространения волны: распространение в направлении, параллельном слоям, при двух поляризациях (либо электрический, либо магнитный вектор параллелен слоям) и распространение в направлении, перпендикулярном слоям.

2.1 Распространение вдоль слоев. Вектор $\vec{E}$ параллелен границам слоев

Направим ось x в направлении распространения волны. Направление $\vec{E}$ совместим с осью y. Ось z направим нормально границам слоев. Для отличных от нуля компонент электромагнитного поля $E_y \equiv E$, H_x и H_z имеем в каждом из слоев уравнения [1]:

$$\frac{\partial E}{\partial z} = -ik\mu H_x, \quad \frac{\partial E}{\partial x} = ik\mu H_z, \quad \frac{\partial H_z}{\partial x} - \frac{\partial H_x}{\partial z} = ik\varepsilon E, \tag{8}$$

где $k = \frac{\omega}{c}$, а через ε обозначена комплексная диэлектрическая проницаемость среды (в 3.1 это ε'). Проницаемости ε и μ меняются периодически в зависимости от z, поочередно принимая значения ε_1, μ_1 в одном слое и ε_2 и μ_2 - в другом.

Введем μ^e и ε^e - «эффективные» значения проницаемостей. Для случая малых толщин слоев в [1] приводятся формулы

$$\varepsilon^e = \bar{\varepsilon}, \ \mu^e = \tilde{\mu}, \tag{9}$$

где

$$\bar{\varepsilon} = \frac{h_1\varepsilon_1 + h_2\varepsilon_2}{h_1 + h_2} \text{ - среднее значение } \varepsilon \text{ по периоду.} \tag{10}$$

Более точная оценка, с учетом кубичных членов в разложении дает

$$\varepsilon^e = \bar{\varepsilon}\left[1 + \frac{k^2 h_1^2 h_2^2}{12\cdot(h_1+h_2)^2}\frac{\bar{\mu}\tilde{\mu}}{\mu_1\mu_2}\left(n_1^2 - n_2^2\right)\frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{\bar{\varepsilon}}\right],$$

$$\mu^e = \tilde{\mu}\left[1 + \frac{k^2 h_1^2 h_2^2}{12\cdot(h_1+h_2)^2}\frac{\bar{\mu}\tilde{\mu}^2}{\mu_1^2\mu_2^2}\cdot\left(n_1^2 - n_2^2\right)\left(\mu_1 - \mu_2\right)\right], \tag{11}$$

где $n_1^2 \equiv \varepsilon_1\mu_1$, $n_2^2 \equiv \varepsilon_2\mu_2$.

Мы видим, что поправочные члены имеют порядок $k^2d^2 = k^2(h_1+h_2)^2$. Кроме того, при заданных h_1 и h_2 они играют тем меньшую роль, чем ближе параметры одного вещества к параметрам другого.

2.2 Распространение вдоль слоев. Вектор $\vec{H}$ параллелен границам слоев

равнения для электромагнитного поля, имеющегося в этом случае компоненты E_x, E_z и $H_y = H$ будут

$$\frac{\partial H}{\partial z} = ik\varepsilon E_x, \ \frac{\partial H}{\partial x} = -ik\varepsilon E_z, \ \frac{\partial E_x}{\partial z} - \frac{\partial E_z}{\partial x} = ik\mu H. \tag{12}$$

При малых h_1 и h_2 можно получить следующие выражения [1]:

$$\varepsilon^e = \tilde{\varepsilon}, \ \mu^e = \bar{\mu}, \tag{13}$$

где

$$\frac{1}{\tilde{\varepsilon}} = \overline{\left(\frac{1}{\varepsilon}\right)} = \frac{\frac{h_1}{\varepsilon_1} + \frac{h_2}{\varepsilon_2}}{h_1 + h_2}, \qquad \bar{\mu} = \frac{h_1\mu_1 + h_2\mu_2}{h_1 + h_2}. \tag{14}$$

2.3 Распространение в направлении, нормальном границам слоев

Возьмем в качестве отличных от нуля компонент поля $E_x = E$ и $H_y = H$. Они будут удовлетворять уравнениям

$$\frac{\partial E}{\partial z} = ik\mu H, \qquad \frac{\partial H}{\partial z} = ik\varepsilon E. \tag{15}$$

Приведенные в [1] вычисления дают

$$\varepsilon^e = \bar{\varepsilon}\left[1+\frac{ikh_1h_2}{4d}\cdot\frac{\mu_1\varepsilon_2-\mu_2\varepsilon_1}{\sqrt{\bar{\mu}\bar{\varepsilon}}}\right],\quad \mu^e = \bar{\mu}\left[1-\frac{ikh_1\cdot h_2}{4d}\frac{\mu_1\varepsilon_2-\mu_2\varepsilon_1}{\sqrt{\bar{\mu}\bar{\varepsilon}}}\right]. \qquad (16)$$

Пусть толщины слоев h_1 и h_2 настолько малы, что поправочными членами в (16) и в аналогичных формулах, полученных выше, можно пренебречь. Объединяя все рассмотренные выше случаи, получаем следующую систему уравнений Максвелла для усредненных полей в нашей «квазианизотропной» среде:

$$\frac{\partial\bar{E}_y}{\partial x} = ik\tilde{\mu}\bar{H}_z,$$

$$\frac{\partial\bar{E}_x}{\partial z} = ik\bar{\mu}\bar{H}_y\ \frac{\partial\bar{E}_z}{\partial x} = -ik\bar{\mu}\bar{H}_y\ \frac{\partial\bar{H}_y}{\partial x} = -ik\tilde{\varepsilon}\bar{E}_z\ \frac{\partial\bar{H}_z}{\partial x} = ik\bar{\varepsilon}\bar{E}_y\ \frac{\partial\bar{H}_y}{\partial z} = ik\bar{\varepsilon}\bar{E}_x. \qquad (17)$$

Это единая система уравнений Максвелла для среды, в которой тензоры для диэлектрической и магнитной проницаемостей ε^e и μ^e являются однократно вырожденными, имеют совпадающие главные оси и следующие главные значения:

$$\varepsilon_1^e = \varepsilon_2^e = \bar{\varepsilon} = \frac{h_1\varepsilon_1+h_2\varepsilon_2}{h_1+h_2},$$

$$\mu_1^e = \mu_2^e = \bar{\mu} = \frac{h_1\mu_1+h_2\mu_2}{h_1+h_2},\ \ \mu_3^e = \tilde{\mu} = \frac{\mu_1\mu_2(h_1+h_2)}{h_1\mu_2+h_2\mu_1}. \qquad (18)$$

Таким образом, рассматриваемая сложная среда обладает свойством одноосного кристалла с оптической осью, перпендикулярной слоям.

В заключение напомним, что в полученных выше формулах $\varepsilon_1,\mu_1,\varepsilon_2$, μ_2 будут комплексными величинами, если в слоях имеется поглощение волн.

3. Замена шиповидной структуры эквивалентной слоистой средой для случая E - поляризации

Под шиповидной структурой понимается периодическая структура, состоящая из пирамид, в данном случае полностью заполненных магнитодиэлектриком. Сечение шиповидной структуры плоскостью, параллельной плоскости xOz и проходящей через вершины пирамид, показано на рис. 1, где представлено сечение шиповидной структуры горизонтальной плоскостью, параллельной плоскости xOy. Здесь $L=\tau(z)+l(z)$ - период структуры, h - высота пирамиды, α/2- половина угла при вершине сечения пирамиды плоскостью, параллельной плоскости xOz и проходящей через вершины пирамид, $l(z)$ и $\tau(z)$ - толщины слоев соответственно с параметрами ε_2,μ_2 и ε_1,μ_1. Пусть электромагнитная волна падает на шиповидную структуру сверху под углом ϑ, вектор $\vec{E}$ перпендикулярен плоскости падения и направлен вдоль оси y (рис. 1, 2). Рассмотрим слой толщиной $l(z)$

,направленный вдоль оси Ox. Он в свою очередь состоит из слоев толщиной l(z) с параметрами ε_2,μ_2 и толщиной τ(z) с параметрами ε_1,μ_1. Вектор $\vec{E}$ направлен параллельно границам слоев.

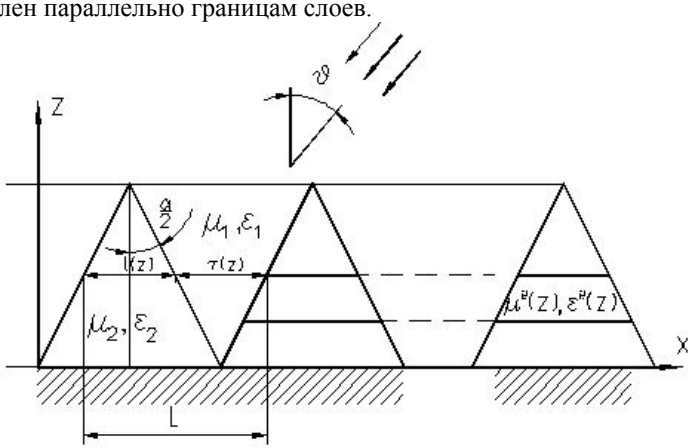


Рис. 1. Сечение шиповидной структуры плоскостью, параллельной xOz

В соответствии с результатами [1] имеем для эквивалентных диэлектрической и магнитной проницаемости эквивалентной слоистой среды:

$$\bar{\varepsilon}_2(z)=\frac{\tau(z)\varepsilon_1+l(z)\varepsilon_2}{L},\qquad \mu_2(z)=\frac{L}{\frac{\tau(z)}{\mu_1}+\frac{l(z)}{\mu_2}}. \tag{19}$$

Рассмотрим теперь слоистую среду, состоящую из слоев толщиной l(z) с параметрами $\bar{\varepsilon}_2(z)$ и $\tilde{\mu}_2(z)$, и слоев толщиной τ(z) с параметрами ε_1,μ_1. При этом $\vec{E}$ направлен перпендикулярно границам слоев, а вектор $\vec{H}$ параллелен границам слоев. В этом случае получим [1]:

$$\varepsilon_1^e(z)=\frac{L}{\frac{\tau(z)}{\varepsilon_1}+\frac{l(z)}{\bar{\varepsilon}_2(z)}},\qquad \mu_1^e(z)=\frac{\tau(z)\mu_1+l(z)\mu_2(z)}{L}. \tag{20}$$

Рассмотрим теперь слой толщиной l(z),направленный вдоль оси Oy. Он в свою очередь состоит из слоев толщиной l(z) с параметрами ε_2,μ_2 и толщиной τ(z) с параметрами ε_1,μ_1. Вектор $\vec{H}$ направлен параллельно границам слоев.

В соответствии с [1] имеем для эквивалентных диэлектрической и магнитной проницаемости эквивалентной слоистой среды:

$$\bar{\mu}_2(z)=\frac{\tau(z)\mu_1+l(z)\mu_2}{L},\quad \varepsilon_2(z)=\frac{L}{\frac{\tau(z)}{\varepsilon_1}+\frac{l(z)}{\varepsilon_2}}. \tag{21}$$

Аналогично предыдущему, рассмотрим теперь слоистую среду, состо-

ящую из слоев толщиной $l(z)$ с параметрами $\tilde{\varepsilon}_2(z)$ и $\bar{\mu}_2(z)$, и слоев толщиной $\tau(z)$ с параметрами ε_1, μ_1. При этом $\vec{E}$ направлен параллельно границам слоев, а вектор $\vec{H}$ перпендикулярен границам слоев. В этом случае получим:

$$\varepsilon_2^e(z) = \frac{\tau(z)\varepsilon_1 + l(z)\tilde{\varepsilon}_2(z)}{L}, \qquad \mu_2^e(z) = \frac{L}{\frac{\tau(z)}{\mu_1} + \frac{l(z)}{\bar{\mu}_2(z)}}. \tag{22}$$

Поскольку нет оснований отдать предпочтение одной из формул (21), (22) или (23), то в качестве эффективной проницаемости среды возьмем среднее арифметическое:

$$\varepsilon^e(z) = \frac{\varepsilon_1^e(z) + \varepsilon_2^e(z)}{2}, \quad \mu^e(z) = \frac{\mu_1^e(z) + \mu_2^e(z)}{2}. \tag{23}$$

После вычислений с использованием пакета Maple получаем:

$$\varepsilon^e(z) = \frac{E_1(z)}{E_2(z)}, \tag{24}$$

где $E_1(z)$ и $E_1(z)$ - полиномы относительно параметра z.

$$\frac{d\varepsilon^e(z)}{dz} = \frac{DE_1(z)}{DE_2(z)}. \tag{25}$$

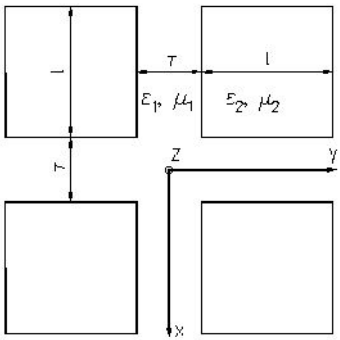


Рис. 2. Сечение шиповидной структуры горизонтальной плоскостью, параллельной плоскости xOy

4. Расчет экрана состоящего из трех плоских слоев

Схема экрана, состоящего из трех поглощающих слоев с диэлектрической проницаемостью ε_2, разделенных слоями заливки с диэлектрической проницаемостью ε_3 приведена на рис. 3. Диэлектрическая проницаемость окружающего пространства принимается равной ε_1. Методика позволяет учитывать так же магнитные проницаемости, обозначенные соответственно μ_2, μ_3 и μ_1. В данном случае принимаем, что магнитные проницаемости слоев равны 1.

Толщина активного слоя, содержащего решетку, обозначена h_1, толщина

промежуточного слоя обозначена h_2. Активный и промежуточный слой разделены переходным слоем, который рассматривается как часть промежуточного слоя и является аналогом поверхности раздела между активным и промежуточным слоем. В пределах переходного слоя диэлектрическая (и магнитная) проницаемости изменяются от ε_2 до ε_3 (μ_2 и μ_3) и обратно.

В качестве закона изменения $\varepsilon(z)$ (соответственно $\mu(z)$) выбрано уравнение, описываемое многочленом третьего порядка относительно z:

$$\varepsilon(z)=\varepsilon_{нач}\frac{(z-z_{кон})^2\left(2(z-z_{нач})+h_{пер}\right)}{h_{пер}^3}+\varepsilon_{кон}\frac{(z-z_{нач})^2\left(2(z_{кон}-z)+h_{пер}\right)}{h_{пер}^3} \qquad (26)$$

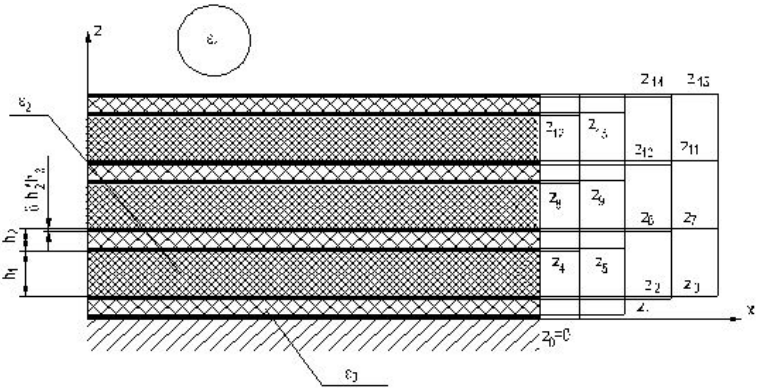


Рис.3. Экран, состоящий из трех плоских слоев

Здесь $z_{нач}$ - начальное значение координаты z для переходного слоя.

При таком выборе уравнения (1) функция $\varepsilon(z)$ (соответственно $\mu(z)$) является непрерывно дифференцируемой функцией со следующими свойствами:

$$\varepsilon(z_{нач})=\varepsilon_{нач};\quad \varepsilon(z_{кон})=\varepsilon_{кон};\qquad \varepsilon\left(\frac{z_{нач}+z_{кон}}{2}\right)=\frac{\varepsilon_{нач}+\varepsilon_{кон}}{2}. \qquad (27)$$

Его толщина определяется как δh_2, где δ - отношение толщины переходного и промежуточного слоев. В такой модели $\varepsilon(z)$ является непрерывной функцией координаты z. Учет диэлектрических потерь в материале производится по формулам Дебая [5, 8]. Решение задачи основывается на решении уравнения для коэффициента отражения электромагнитной волны V от слоя с произвольным законом изменения параметров.

5. Расчет экрана, состоящего из трех плоских градиентных слоев

Схема экрана состоящего из трех плоских градиентных слоев приведена на рис. 4. Она состоит из трех поглощающих слоев с диэлектрической проницаемостью ε_2, и четырех слоев диэлектрика с диэлектрической проницаемо-

стью ε_3. Диэлектрическая проницаемость окружающего пространства принимается равной ε_1. При этом ε_2 рассматривается как массив значений, для каждого слоя может быть свое значение ε_2. Методика позволяет учитывать так же магнитные проницаемости, обозначенные соответственно μ_2, μ_3 и μ_1. В данном случае принимаем, что магнитные проницаемости слоев равны 1. Эти слои разделены переходными слоями – элементами, в которых диэлектрическая проницаемость изменяется вдоль толщины слоя по непрерывному закону, так, что на нижней границе переходного слоя она равна диэлектрической проницаемости слоя, примыкающего снизу, а на верхней границе равна магнитной проницаемости слоя, примыкающего сверху.

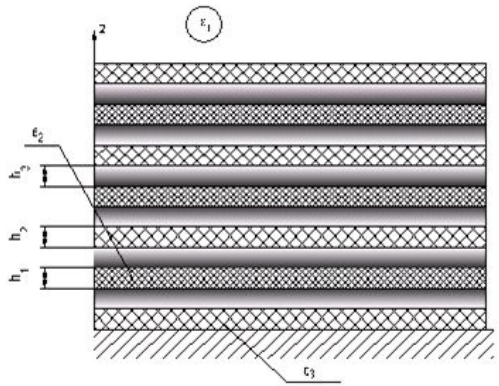


Рис.4. Экран, состоящий из трех плоских градиентных слоев

В пределах переходного слоя диэлектрическая (и магнитная) проницаемости изменяются от ε_2 до ε_3 (μ_2 и μ_3) и обратно. В качестве закона изменения $\varepsilon(z)$ (соответственно $\mu(z)$) выбрано уравнение, описываемое многочленом третьего порядка относительно z:

$$\varepsilon(z)=\varepsilon_{нач}\frac{(z-z_{кон})^2\left(2(z-z_{нач})+h_{пер}\right)}{h_{пер}^3}+\varepsilon_{кон}\frac{(z-z_{нач})^2\left(2(z_{кон}-z)+h_{пер}\right)}{h_{пер}^3} \quad (28)$$

Здесь $z_{нач}$ - начальное значение координаты z для переходного слоя; $z_{кон}$ - конечное значение координаты z для переходного слоя; $h_{пер}=z_{кон}-z_{нач}$ - толщина переходного слоя; $\varepsilon_{нач}$ - значение ε в начале переходного слоя; $\varepsilon_{кон}$ - значение ε в конце переходного слоя. Уравнение для $\mu(z)$ получается из (1) заменой ε на μ. При таком выборе уравнения (28) функция $\varepsilon(z)$ является непрерывно дифференцируемой функцией со следующими свойствами:

$$\varepsilon\left(z_{í\,à\div}\right)=\varepsilon_{í\,à\div};\quad \varepsilon\left(z_{кон}\right)=\varepsilon_{кон};\quad \varepsilon\left(\frac{z_{í\,à\div}+z_{êî\,í}}{2}\right)=\frac{\varepsilon_{í\,à\div}+\varepsilon_{êî\,í}}{2}. \qquad (29)$$

При таком выборе $\varepsilon(z)$ является непрерывной функцией координаты z. Учет диэлектрических потерь в материале производится по формулам Дебая [5, 7, 8]. Решение задачи основывается на решении уравнения для коэффициента отражения электромагнитной волны V от слоя с произвольным законом изменения параметров. Необходимые формулы указаны в разделе 2.

Заключение

Из результатов моделирования раздела 5 видно, что при определенном подборе параметров характеристики экранов на основе градиентных слоев могут значительно превосходить как характеристики плоскослоистых электромагнитных экранов с тремя активными слоями, так и аналогичных экранов с перфорационными отверстиями - решетками [2]. При этом критерий оптимизации не определяется однозначно, так как важно не только малое значение среднеинтегрального или максимального значения коэффициента отражения в заданном диапазоне длин волн, но и малое отклонение коэффициента отражения от среднего значения.

Такой критерия может быть сформирован, например, на основе средневзвешенного значения среднеинтегрального значения коэффициента отражения и среднеинтегрального отклонения коэффициента отражения от среднеинтегрального значения. При этом остается неопределенность в выборе весовых коэффициентов. Однако, исходя из результатов моделирования можно предположить, что даже относительно простой закон изменения диэлектрической проницаемости, так в разделе 6, может значительно улучшить характеристики экранирующей структуры. Кроме того, простой плавный закон изменения диэлектрической проницаемости более удобен для реализации в технологическом отношении. Рассмотренный в разделе 7 вариант трехслойного электромагнитного экрана с активными слоями в виде комплементарной шиповидной периодической структуры можно рассматривать как более удобный для технологической реализации вариант конструкции раздела 6. Действительно, в слое, состоящем из комплементарной шиповидной периодической структуры, среднее значение диэлектрической проницаемости $\varepsilon(z)$ изменяется по определенному закону, как и в случае градиентного слоя.

Список литературы

1. Л.М. Бреховских Волны в слоистых средах. -М.: 1973. 343 с.
2. В.В. Добровенский, Э.А. Засовин, Д.И. Мировицкий, А.К. Черепанов Композиционный радиопоглощающий материал со слоями из углеграфитовой ткани. «Зарубежная радиоэлектроника». Успехи современной радиоэлектроники. №2, 2000. 61-66 с.
3. Д.И. Мировицкий, А.К. Черепанов, Г.И. Хмельник. Расчет коэффи-

циента отражения периодических объемных и многослойных поглощающих структур в широком диапазоне волн. Электродинамика и техника СВЧ, КВЧ и оптических частот. том X, выпуск 2(14). М.: 2002. 204-213с.

4. Хмельник Г.И. Расчет коэффициента отражения электромагнитных волн от многослойного радиопоглощающего покрытия. XIV Международная конференция по спиновой электронике и гировекторной электродинамике. М.: 2005-2006 151-157с.

5. Хмельник Г.И. Статистический анализ зависимости параметров распределения Дебая от удельных сопротивлений слоев многослойного РПП.. XIV Международная конференция по спиновой электронике и гировекторной электродинамике. М.: 2005-2006 158-166с.

6. Хмельник Г.И. Математическая модель многослойного радиопоглощающего покрытия с повышенной поглощающей способностью. XVI Международная конференция «Радиолокация и радиосвязь», Москва-Фирсановка, Россия, 2008г. 628-635с.

7. Бибиков С.Б., Засовин Э.А., Черепанов А.К., Хмельник Г.И. Математическое моделирование параметров многослойных радиопоглощающих покрытий. XV Международная научно-техническая конференция «Радиолокация, навигация, связь», Воронеж, Россия, 2009. 1585-1595с.

8. Г.И. Хмельник, С.Б. Бибиков. Статистический анализ зависимости параметров распределения Дебая от удельных сопротивлений многослойного РПП. Технологии ЭМС, №4(43). 2012. 44-49с.

9. А.Р. Хиппель. Диэлектрики и волны. - М.: 1960. 439 с.

10. П.Т. Орешкин. Физика полупроводников и диэлектриков. -М.: 1977. 448 с.

11. Н.Е. Цапенко. Уравнение Рикатти и волновые процессы. -М.: «Горная книга», 2008. 244 с.

Mathematical modelling of one-layer and structural electromagnetic screens of the microwave oven

© G.I. Khmelnik, O.I. Pugachev, I.B. Kozlovsky , O.Y. Mamaeva
Moscow Technological University, Moscow, Russia
e-mail: gnn-medvedkovo@rambler.ru

Abstract. Problems of mathematical modelling of single-layer electromagnetic screens on the basis of structure with a thorn are considered. Problems of modelling of the multilayered layer electromagnetic screens with a gradient structure and layers in the form of complementary structure with a thorn are considered. The tendered structure allows to refine performances of electromagnetic screens.

Keywords. Electromagnetic screen, Debae distribution, gradient structure, complementary structure

УДК 621.372.413

МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ, КОНТРОЛЯ И ЗАЩИТЫ ДЛЯ КАМЕР МИКРОВОЛНОВОГО НАГРЕВА

© Селеня К.А., Нефедов В.И., Макеенкова Н.С., Барский Д.Р., Самохина Е.В.

Московский технологический университет, Москва, Россия

Аннотация. Рассмотрена конструкция СВЧ блока для систем микроволнового нагрева, имеющего микропроцессорное управление процессами нагрева и режимами работы магнетрона. Микропроцессорное управление обеспечивает также защиту магнетрона по цепям питания.

Ключевые слова. СВЧ нагрев, источники СВЧ нагрева, устройства управления микроволновым нагревом.

Принцип микроволнового (СВЧ) нагрева диэлектрических сред активно используется при создании новых технологий и промышленного оборудования за рубежом и в России с 70-х годов прошлого века. В докладе рассмотрен СВЧ блок для камер микроволнового нагрева с микропроцессорным управлением.

В качестве источника СВЧ мощности в разработанном блоке использовался магнетрон непрерывного действия М-136, система электропитания магнетрона и вывод СВЧ мощности в прямоугольный волновод сечением 90х45 мм был выполнен в соответствии с ТУ. Для магнетрона использовался отдельный накальный трансформатор, позволяющий поддерживать магнетрон постоянно в режиме готовности к включению. Высоковольтное напряжение, подаваемое в отрицательной полярности на катод магнетрона в, соответствии с ТУ, создавалось однополупериодным выпрямителем по схеме удвоения напряжения с ферромагнитной стабилизацией анодного тока. Применение отдельного накального трансформатора позволило избежать скачков перенапряжения, возникающих при подаче высоковольтного напряжения на холодный магнетрон, и позволило повысить срок службы и надежность магнетронов.

Внешний вид разработанного блока показан на рис. 1.

Входное напряжение на высоковольтный трансформатор подава-

лось через симистор, управляемый через пульт и плату управления и контроля за режимами. Для повышения надежности СВЧ блока в него были введены ряд датчиков, позволяющих оперативно следить за режимом работы магнетрона. Для контроля наличия обдува анодных пластин вентилятором, использовался концевой датчик, установленный на качающейся заслонке, расположенной за анодными пластинами магнетрона.

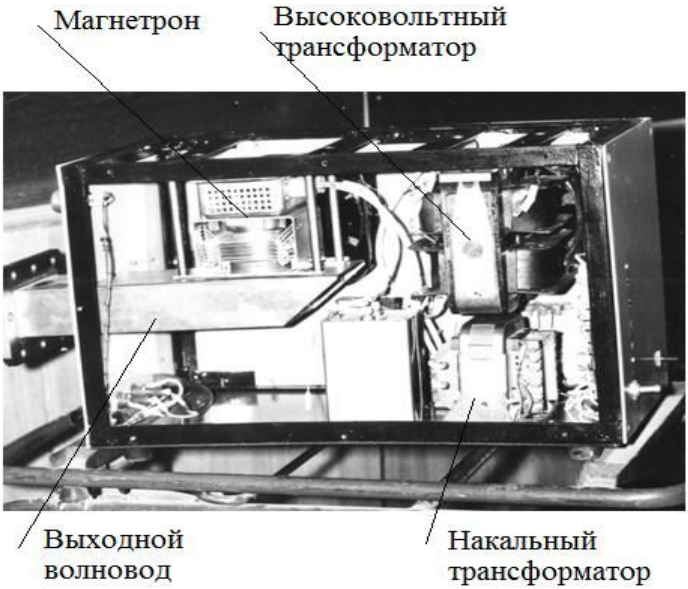


Рис. 1. Внешний вид разработанного блока

Для контроля величины анодного тока магнетрона использовался резистивный датчик, включенный между клеммой заземления и положительной клеммой анодного высоковольтного питания магнетрона. Для контроля температуры поверхности анода магнетрона использовался датчик температуры, установленный в месте, соответствующем указаниям ТУ 680.332.716, датчиком являлся терморезистор. Для контроля тока первичной обмотки высоковольтного трансформатора использовался резистивный датчик, включаемый в цепь первичной обмотки. Для контроля величины действующего сетевого напряжения применялся резистивный датчик в виде резистивно-емкостного делителя напряжения, включенный на входе симистора. Перечень необходи-

мых датчиков и критические уровни их срабатывания были определены в процессе анализа отказов при эксплуатации оборудования микроволнового нагрева. Главными причинами являются проблемы в системе питания магнетрона, а также причины, связанные с рассогласованием выходного волновода с камерой нагрева. Проблемы в системе питания магнетрона связаны с несоответствием параметров электросети установленным требованиям в промышленных сетях. Например, из наличия мощных реактивных нагрузок с переменными параметрами вблизи от места их подключения могут наблюдаться броски сетевого напряжения величиной до 400 В. При рассогласовании выходного волновода с камерой СВЧ нагрева, например, связанной с неудачным размещением обрабатываемого материала возможен повышенный анодный ток и перегрев магнетрона, что может привести к его ускоренному выходу из строя.

Показания датчиков собираются, обрабатываются цифровой платой управления и контроля СВЧ блока. Основным элементом платы является PIC процессор с прошитым программным обеспечением. Процессор последовательно опрашивает датчики, сравнивает их показания с критическими значениями и при превышении показаний критических уровней отключает входное напряжение на высоковольтном трансформаторе за счет блокирования симистора. При этом процессор вырабатывает сигнал для цифрового табло, размещенного на плате, несущий информацию о причинах отключения. Применение PIC процессора позволило программно изменять уровень выходной мощности СВЧ блока за счет временной модуляции рабочих циклов магнетрона. Выходная мощность может изменяться от 10% до 100%, уровень мощности изменяется с пульта управления СВЧ блока.

PIC процессор позволяет также синхронизировать моменты включения высоковольтного напряжения на магнетроне с моментами перехода сетевого напряжения через ноль для исключения больших бросков тока в моменты включения магнетрона. Для контроля величины действующего сетевого напряжения PIC процессор интегрирует величину мгновенного значения напряжения по каждой половине периода.

Применение цифровой платы управления и контроля СВЧ блока позволило повысить надежность СВЧ блока, защитить его от нестабильностей входного напряжения и возможных ошибок персонала, исключить аварийные режимы работы магнетрона.

Разработанный макет источника СВЧ излучения для микроволнового

нагрева позволил выполнить объемный физический эксперимент по моделированию технологий и более сложного оборудования микроволнового нагрева. Основными направлениями моделирования являлись:

- разогрев парафинов, высокомолекулярных масел, нефтепродуктов до состояния жидкотекучести из начального охлажденного твердого состояния;
- разработка технологий ускоренной сушки зернопродуктов и лесоматериалов;
- разработка технологий спекания микрогранул пласмасс, например, для производства пенопластов;
- разработка технологии спекания стеклогерметика автомобильных свечей зажигания, расположенного между электродами внутри фарфорового корпуса;
- разработка технологий отверждения связующего для шлифовального инструмента.

Библиографический список

1. Пикуль А.И., Трефилов Н.А., Шпак А.В., Шубин В.А. Сборник научных трудов 1 МНПК "Актуальные проблемы и перспективы развития радиотехнических и инфокоммуникационных систем", 2013. С. 180-183.

2. Nefedov, V.I., Luchnikov, P.A., Trefilov, N.A., Selenya, K.A. Sintering of Ceramic with Microwave. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Volume 168, Issue 1, 7 February 2017, Article number 012097. 12th International Conference Radiation-Thermal Effects and Processes in Inorganic Materials; Tomsk; Russian Federation; 4 September 2016.

MICROPROCESSOR CONTROL SYSTEM, CONTROL AND PROTECTION FOR MICROWAVE HAMMERS

© Selenya K.A., Nefedov V.I., Makeenkova N.S., Barsky D.R., Samokhina E.V.

Abstract. The design of the microwave unit for microwave heating systems with microprocessor control of heating processes and modes of magnetron operation is considered. Microprocessor control also provides protection of the magnetron through the supply circuits.

Keywords. Microwave heating, microwave heating sources, microwave heating control devices

УДК 621.396.67

Конструкции фокусирующих зеркальных антенн

Трефилов Н.А., Селеня К.А., Дементьев А.Н., Трефилов Д.Н., Нефедов В.И.
МИРЭА, г. Москва

Аннотация. Рассмотрены конструкции фокусирующих зеркальных антенн, применяемые в установках радиоволнового неразрушающего контроля. Рассмотрено поле вблизи от фокуса антенны, приведены конструкции антенн. Наиболее простой технологией изготовления зеркальных фокусирующих антенн являются антенны с цилиндрическими рефлекторами.

Ключевые слова. Фокусирующие зеркальные антенны, радиоволновый неразрушающий контроль.

Важным элементом неразрушающего контроля является микроволновый контроль, в котором в качестве датчиков используются СВЧ антенны, а инструментом зондирования является электромагнитное поле, создаваемое в ближней зоне. В качестве измерительных антенн часто используются зеркальные антенны. Для уменьшения помех, создаваемых окружающими предметами, электромагнитное поле антенн фокусируется на объекте контроля.

Принцип фокусировки антенн заключается в создании такого амплитудно-фазового распределения тока, при котором апертура является источником сходящейся сферической волны. После прохождения фокальной области электромагнитная волна преобразуется в расходящуюся. В пределах фокальной области антенны основная часть мощности волны проходит через площадку малых размеров.

Главной характеристикой фокусирующей апертуры с точки зрения технологической диагностики является распределение амплитуды поля, создаваемого в фокальной области, проходящей через геометрический фокус параллельно раскрыву.

Принцип фокусировки антенн заключается в создании такого амплитудно-фазового распределения тока, при котором апертура является источником сходящейся сферической волны.

После прохождения фокальной области волна преобразуется в расходящуюся. В пределах фокальной области основная часть мощности волны проходит через площадку малых размеров.

На рис. 1 показана система координат фокусирующей апертуры рассматриваемой антенны.

Электрическое поле в точке наблюдения P, создаваемое токами, распределенными по апертуре в точках q, при использовании истокообразного представления имеет вид:

$$E_p = -x_0(1+\cos\Theta)\frac{j\omega\mu_0}{4\pi}\frac{\exp(-jkR)}{R}\times$$

$$\times\int_x\int_y q(x,y)\exp\left\{jk\left[x\sin\Theta\cos\varphi + y\sin\Theta\sin\varphi + (x^2+y^2)(R-R_0)\right]2RR_0\right\}ds$$

Зеркальные фокусирующие антенны могут быть представлены различными конструкциями, но так как они применяются в системах технологического контроля, то вопросы простоты их изготовления и удобстве, эксплуатации стоят на первом месте. Поэтому практический интерес представляют однозеркальные ФА с рефлектором в виде эллипсоида вращения.

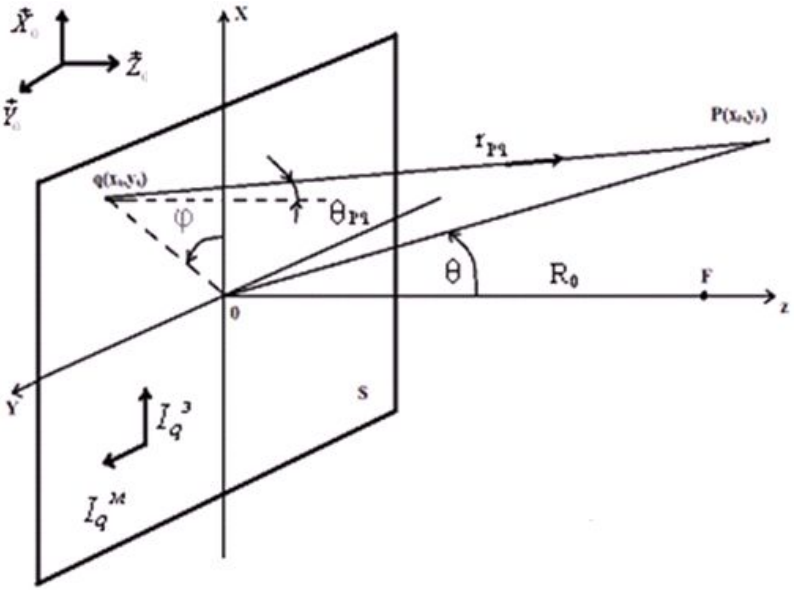


Рис. 1. Система координат фокусирующей апертуры

Схема рефлектора показана на рис.2. Такой рефлектор, образованный вращением эллипса вокруг большой оси, обладает свойством фокусировать лучи, выходящие из одного фокуса, в другом фокусе [1,2].

В ближний к рефлектору фокус помещается облучатель. При отражении волны облучателя от рефлектора в его раскрыве формируется поле, имеющее квадратичное фазовое распределение, которое фокусируется вблизи второго фокуса.

Технология изготовления металлических рефлекторов зеркальных антенн трудоемка, поэтому они являются дорогостоящими.

В серийных измерительных ФА обычно используются армированные, склеиваемые на шаблоне зеркала, в качестве которых могут служить металлизированная стеклоткань или углепластики.

В докладе рассматривается конструкция зеркальной фокусирующей антенны с цилиндрическими рефлекторами [3], которая имеет более простой способ изготовления.

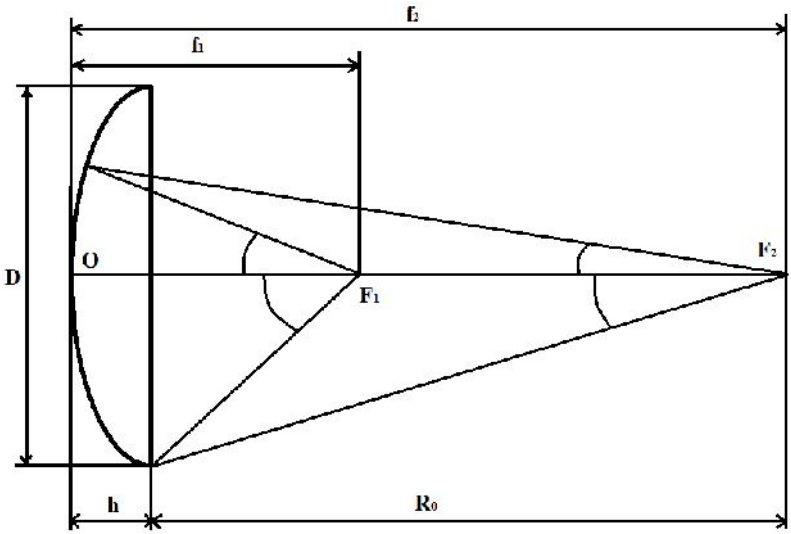


Рис. 2. Схема фокусирующего рефлектора

Список литературы

1. Бассет Х.Л. Открытая СВЧ система с фокусировкой мощности для измерения комплексной диэлектрической проницаемости материалов при температурах выше 2000°С // Приборы для научных исследований. 1971. Т. 42, № 2. С.200–204.

2. Воробьев Е.А., Михайлов В.Ф., Харитонов А.А. СВЧ диэлектрики в условиях высоких температур. – М.: Советское радио, 1977. – 208 с.

3. Дементьев А.Н., Трефилов Д.Н., Шпак А.В. Цилиндрическая зеркальная антенна полезная модель, Патент №158247.

Constructions of focusing mirror antennas

Trefilov N.A., Selenya K.A., Dementev A.N., Trefilov D.N., Nefedov V.I.
MIREA, Moscow

Annotation. The designs of focusing mirror antennas used in radio wave non-destructive testing installations are considered. The field is considered near the focus of the antenna, antenna designs are presented.

The simplest technology for manufacturing mirror focusing antennas are antennas with cylindrical reflectors.

Keywords. Focusing mirror antennas, radio wave non-destructive testing.

УДК 621.315.592.9

СПОСОБЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГАРАНТИРОВАННОЙ НАДЕЖНОСТИ И РАДИАЦИОННОЙ СТОЙКОСТИ МИКРОСХЕМ

Ерошкин А.Л. АО «Ангстрем», Зеленоград, Россия
e-mail: ieroshkin.a@mail.ru
Попо Р.А. Московский технологический университет, Москва, Россия
e-mail: radpo@yandex.ru

Аннотация. В работе рассмотрены применяемые в мировой практике методы обеспечения гарантированной надежности и радиационной стойкости для каждой поставляемой микросхемы в вариантах корпусных и бескорпусных поставок. Рассмотрена возможность использования методов отбраковки, обеспечивающих гарантированную надежность и радиационную стойкость каждой поставляемой микросхемы. Показана необходимость разработки специальной оснастки и методик, что приводит к необходимости специальной подготовки производства. Анализируются собственные разработки на предприятии ОАО «Ангстрем».

Ключевые слова. Электронная компонентная база, микросистемы в корпусе, заведомо бездефектный кристалл.

В российской космической, атомной и других отраслях промышленностях испытывают потребность в высоконадежной элементной базе, устойчивой к радиационным воздействиям. При этом возникает необходимость обеспечения гарантированной надежности и радиационной стойкости для каждой поставляемой микросхемы. Особое значение приобретают вопросы разработки методов отбраковки, обеспечивающих гарантированную надежность и радиационную стойкость каждой поставляемой микросхемы в вариантах корпусных и бескорпусных поставок, а также организация производства на отечественных предприятиях [1].

На мировом рынке радиационно-стойкой микроэлектроники главенствуют в основном американские компании, специализирующиеся на разработке и изготовлении такого рода изделий. Это, например, фирмы Xilinx, Harris, General Electric, Aeroflex, Actel. В Россию продукция этих компаний может поставляться только по разрешению Госдепартамента США, которое для применения в стратегически значимых системах России обычно не выдается. Аналогичная ситуация и с поставками в Россию оборудования,

технологий и материалов для производства микроэлектроники. При этом их поставки для двух новейших технологических поколений категорически запрещена. Поставки оборудования, технологий и материалов для выпуска более старого поколения продукции возможна только с санкции Госдепартамента США, что обусловлено запретом выпускать в России на их основе изделия специальной микроэлектроники. В этих условиях важнейшей задачей является обеспечение потребностей стратегически значимых систем в собственной специальной микроэлектронике [2].

Определенной радиационной стойкостью обладают все изделия микроэлектроники. Но имеется ряд областей применения, в которых уровень радиационного ионизирующего излучения существенно выше естественной радиационной стойкости изделий микроэлектроники. Для применения в таких условиях требуется специальная микроэлектроника с повышенной радиационной стойкостью и с сертификацией на устойчивость к определенному уровню и характеру радиационных воздействий. К основным особенностям ЭКБ, применяемой в условиях воздействия радиации, относятся: стойкость к специальным внешним воздействующим факторам (СВВФ), расширенный температурный диапазон (от –60° до +125°С), обеспечение длительных сроков безотказной работы (15 лет и более). В настоящее время западные партнеры предпочитают создавать новые космические системы на основе типовых гибридных узлов, (системы в корпусе - СвК). Выбор кристаллов для них осуществляется по технологии «Known Good Die» (KGD) - заведомо бездефектный кристалл, т.е. кристалл проходит специальные приемосдаточные испытания на производстве. На отечественных предприятиях поставок по технологии KGD нет. Для решения данной проблемы необходимо: разработать документацию, стандарты, маршрут поставки, приобрести специальное оборудование [1].

За всю историю полупроводникового производства никакие усилия технологов не позволяли добиться 100%-ного выхода годных микросхем, это связано с тем, что все изготавливаемые в настоящее время подложки для роста микросхем содержат небольшое, но ощутимое количество дефектов. За появление брака при производстве кристаллов микросхем ответственно наличие загрязняющих примесей и посторонних частиц в технологическом оборудовании, чистых помещениях и другие трудно контролируемые факторы. Основная проблема заключается в том, что среди микросхем, признанных годными и успешно прошедших все обычные тесты, далеко не все выдерживают воздействие ионизирующего излучения.

Поэтому все стандарты приемки радиационно-стойких микросхем предусматривают набор дополнительных тестов, проводимых на микросхемах, подвергнутых облучению. Доза, полученная микросхемами при этих испытаниях, иногда превышает дозу, планируемую за весь срок эксплуатации. Облученные микросхемы тестируются, отбраковываются, после чего производится высокотемпературная обработка (отжиг) годных кристаллов. После отжига параметры микросхем должны вернуться к параметрам необлученных с допусками, определяемыми стандартом, например MIL-STD-883 Class B. Эти операции значительно увеличивают стоимость радиационно-стойких микросхем по сравнению с промышленными аналогами, поскольку снижают количество годных микросхем в партии и требуют затрат на свое проведение. Это связано, во-первых, с усложнением конструкции устройства с целью защиты ИМС от воздействия радиации, во-вторых, со значительным увеличением объема тестов, необходимых для подтверждения радиационной стойкости изделия в целом и, в-третьих, с тем, что при отказах ИМС в процессе тестирования (которые обязательно будут в силу причин, названных выше) придется проводить либо ремонт, либо замену модулей, что повлечет дополнительные расходы, как средств, так и времени [3].

Уровень радиационной стойкости ЭКБ зависит не только от конструктивно-технологических и схемно-топологических особенностей реализации изделия, но и от множества объективных и субъективных условий, таких как:

– выбора параметров и критериев работоспособности (годности) изделий;

– режимов работы изделия в процессе испытаний;

– условий испытаний (климатических, сопутствующих).

В нашей стране принят комплекс государственных стандартов «Климат-7» (14 стандартов), который устанавливает требования аттестации каждой партии пластин к СВВФ. Так как в пластине существуют технологические дефекты, влияющие на радиационную стойкость отдельного кристалла, то нельзя гарантировать параметры по надежности и радиационной стойкости для каждого поставляемого кристалла. Реализация технологии производства и поставки потребителю кристаллов с гарантированной надежностью и радиационной стойкостью является сложной технической задачей, и способы достижения могут быть разные. Изделие может относиться к универсальным ИМС, большая часть которых поставляется потребителям как обычная корпусированная ИМС, а незначительная часть

кристаллов поставляется по технологии KGD. В этом случае, поставка потребителям обычной корпусированной ИМС осуществляется по отработанным базовым технологиям [4].

Базовая технология позволяет более чем на порядок сократить время испытаний и энергопотребление при увеличении достоверности результатов, существенно увеличить количество выборок испытательной информации без увеличения затрат; повысить производительность труда за счет автоматизации процесса испытаний ЭКБ и размещения испытательного оборудования непосредственно на рабочих местах; обеспечить высокую санитарную и экологическую безопасность [1]. В целях обеспечения радиационной стойкости используется два основных подхода при проектировании (RadHard by Design) и при производстве (Rad Hard by Process). Первый подход предполагает, что дизайн-центр разрабатывает специальную радиационно-стойкую библиотеку базовых элементов под стандартный техпроцесс. Второй подход – технологии, ориентированные на радиационную стойкость. К ним относятся технологии типа КНС, КНИ, технологии на объемном кремнии со специальными технологическими операциями для обеспечения радиационной стойкости. Это направление поддерживают, в частности, НПК «Технологический центр» и ОАО «Ангстрем» [2].

Изделия специального назначения проектируется под поставку в кристаллах по технологии KGD. Это направление затрагивает практически все этапы создания кристалла от стадии формирования технического задания на разработку до изготовления, тестирования и поставку изделия потребителю. Для производства кристаллов под поставку KGD вводятся дополнительные стандарты с более жесткими нормами на параметры, дополняются методами обеспечения гарантированной надежности и радиационной стойкости для каждой поставляемой микросхемы, дорабатывается маршрут поставки. Методы обеспечения гарантированной надежности и радиационной стойкости, в основном, предполагают использование избыточных возможностей кристалла [1].

На практике процесс обеспечения поставки ИМС в корпусе включает в себя контроль:

– на отсутствие технологических отклонений (выборочный контроль);

– всех динамических параметров, проводят электротермотренировку (ЭТТ), можно проводить дополнительные отбраковочные испытания;

– испытания, как в нормальных условиях, так и на крайних значениях температур;

– аттестация каждой партии пластин на радиационную стойкость.

При проведении работ по поставке ИМС в кристаллах существует много проблем. Например, кристаллы измеряются в нормальных условиях, а контроль в диапазоне температур и ЭТТ не проводится.

Если надежность ИМС в корпусе обеспечивается ЭТТ, то гарантировать надежность и радиационную стойкость определенного кристалла вследствие технологических дефектов таких, как разделение кристаллов, разварка выводов и других операций невозможно.

В методах расчетно-экспериментального прогнозирования надежности используется коэффициент ускорения A_t, для различных механизмов отказа. Точечная оценка интенсивности отказов с учетом коэффициентов ускорения A_t, учитывающих влияние температуры и напряжения, определяется следующим образом:

$$\lambda_{T,U} = \frac{\Delta n}{N \Delta t A_t^T A_t^U}, \quad (1)$$

где Δn – число отказов элементов; N – число элементов, поставленных на испытания; Δt – время испытаний в числах; A_t^T – коэффициент ускорения за счет повышения температуры; A_t^U – коэффициент ускорения за счет электрической нагрузки.

Соотношение (1) дает точную оценку интенсивности отказов с учетом коэффициентов ускорения, учитывающих влияние температуры и напряжения [5].

Для проведения испытания на ЭТТ были взяты из текущего производства завода «Ангстрем» 16 случайных партий категории военной приемки общим количеством 1781 ИМС. Измерения параметров ИМС проводились по контрольным программам для нормальных температур и для крайних значений температур с одновременной фиксацией выходных токов, и уровней напряжений. Результат испытания на ЭТТ составил 0,45% брака. Так как процент достаточно большой и если не проводить ЭТТ для ИМС в кристаллах, а поставлять заказчику, то при работе в аппаратуре они откажут в первую очередь. ЭТТ считается наиболее эффективным методом отбраковочных испытаний. Введение технологической операции ЭТТ в маршрут поставки ИМС в кристаллах, позволяет удалить из партии потенциально ненадежные изделия и гарантировать характеристики изделиям прошедших испытания.

Монтаж кристалла в условную тару, размеры, которой лишь ненамного

превышают размеры кристалла, решает проблемы ЭТТ с тестированием параметров в крайних диапазонах температур от –60°С до +125°С и отбраковки бескорпусного кристалла, но и выполняет функции защиты от внешней среды и перераспределяет выводы кристалла на матрицу выводов. Применение условной тары позволяет тестировать микросхему до установки ее на монтажную подложку. Следует отдельно выделить зондовые измерения, так как необходимо прикладывать значительные напряжения к испытуемому образцу, коммутировать большие токи, с одной стороны, и необходимо быстро проводить при этом высокоточные измерения сравнительно малых физических величин - с другой. Измерения статических и динамических параметров необходимо проводить при отрицательных температурах, положительных и при нормальных значениях температур. При этом происходит тройное контактирующее воздействие на кристалл, в результате не обеспечивается стабильный, качественный и надежный контакт согласующей оснастки с кристаллом. Чтобы уменьшить отрицательное воздействие на контактирующие площадки кристалла их увеличивают или раздваивают.

За рубежом бескорпусные кристаллы по технологии KGD предлагают AMI Semiconductor, Aeroflex, Avago Technology, Infineon Technology, IBM, Samsung Electronics, Texas Instruments, Analog Devices, Linear Technology, AMD, National Semiconductor, и др. Из-за экспортных ограничений процедура приобретения кристаллов по технологи KGD затруднительна. В виду отсутствия нормативных документов, стандартов и устаревшего производства микросхем в России, такой технологии нет. В целях технологической безопасности страны предприятие АО «Российские космические системы» заинтересовано в производстве кристаллов по технология KGD на отечественном предприятии. АО «Ангстрем» такую технологию может реализовать в ближайшее время. Условия для реализации технология KGD на предприятие АО «Ангстрем» существуют. На сегодняшний день имеется: опыт проектирования и производства радиационно-стойких микросхем, приобретено специальное оборудование, разрабатывается маршрут поставки, вводятся новые стандарты. Реализация технологии KGD позволяют заменить импорт подобных микросхем и снизить стоимость [1].

Библиографический список

1. Ерощкин А.Л., Артюхов В.В, Машевич П.Р., Попо Р.А. Особенности разработки утилитарных методов обеспечения гарантированной надежности и радиационной стойкости бескорпусных микросхем //Инвестиции и инновации. 2015. № 8. С.140 – 142.

2. Ерошкин А.Л. Обеспечение гарантированного качества микросхем специального назначения // Сб. материалов международной научно-технической конференции «INTERMATIC–2016», 21–25 ноября 2016 г., Москва. / Под ред. академика РАН А.С. Сигова. — М.: МГТУ МИРЭА, 2016, часть 1. — С. 205-208.

3. Ерошкин А.Л., Попо Р.А, Машевич П.Р. Специфика разработки методов обеспечения гарантированной надежности и радиационной стойкости бескорпусных микросхем // II Международная научно-практическая конференция « Актуальные проблемы и перспективы развития радиотехнических и инфокоммуникационных систем ». (РАДИОИНФОКОМ – 2015). 2015, ч. 2. С. 72 – 77.

4. Попо Р.А., Машевич П.Р., Ерошкин А.Л. Методы обеспечения радиационной стойкости микросхем // Сб. материалов международной научно-технической конференции «INTERMATIC–2015», 1–5 декабря 2015 г., Москва. / Под ред. академика РАН А.С. Сигова. — М.: МГТУ МИРЭА, 2015, часть 1. — С. 176-179.

5. Бондаренко И.Б., Антонова В.А. Проблемы прогнозирования надежности при проведении ускоренных испытаний печатных узлов. Сборник трудов молодых ученых, аспирантов и студентов научно-педагогической школы кафедры ПБКС «Информационная безопасность, проектирование и технология элементов и узлов компьютерных систем». / Под ред. Ю. А. Гатчина. – СПб: НИУ ИТМО, 2012. – 59 с.

METHODS OF PROVIDING GUARANTEED RELIABILITY AND RADIATION RESISTANCE OF MICROCIRCUITS

Eroshkin A.L. JSC Angstrem, Zelenograd, Russia
e-mail: ieroshkin.a@mail.ru
Popo R.A. Moscow Technological University, Moscow, Russia
e-mail: radpo@yandex.ru

Abstract. The paper considers the methods used in the world practice to ensure guaranteed reliability and radiation resistance for each delivered microcircuit in cases of shell and open-ended deliveries. The possibility of using culling methods ensuring guaranteed reliability and radiation resistance of each chip is considered. The necessity of developing special equipment and methods is shown, which leads to the need for special preparation of production. The author analyzes his own developments at the Angstrem enterprise.

Keywords. Electronic components base, systems in package, known good die.

УДК 621.315.592.9

МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГАРАНТИРОВАННОЙ НАДЕЖНОСТИ И РАДИАЦИОННОЙ СТОЙКОСТИ МИКРОСХЕМ

© Попо Р.А.
Московский технологический университет, Москва, Россия
radpo@yandex.ru

В работе рассмотрены применяемые в мировой практике методы обеспечения гарантированной надежности и радиационной стойкости для каждой поставляемой микросхемы в вариантах корпусных и бескорпусных поставок Методы обеспечения гарантированной надежности и радиационной стойкости, в основном, предполагают использование избыточных возможностей кристалла. Рассмотрена возможность использования методов отбраковки, обеспечивающих гарантированную надежность и радиационную стойкость каждой поставляемой микросхемы. Показана необходимость разработки специальной оснастки и методик, что приводит к необходимости специальной подготовки производства. Анализируются собственные разработки на предприятии ОАО «Ангстрем».

Ключевые слова: надежность, электронная компонентная база, микросистемы.

Keywords: reliability, electronic components, microsystems.

В российской космической, атомной и других отраслях промышленностях испытывается потребность в высоконадежной элементной базе, устойчивой к радиационным воздействиям. При этом возникает необходимость обеспечения гарантированной надежности и радиационной стойкости для каждой поставляемой микросхемы. Особое значение приобретают вопросы разработки методов отбраковки, обеспечивающих гарантированную надежность и радиационную стойкость каждой поставляемой микросхемы в вариантах корпусных и бескорпусных поставок, а также организация производства на отечественных предприятиях [1-10].

На мировом рынке радиационно-стойкой микроэлектроники главенствуют, в основном, американские компании, специализирующиеся на разработке и изготовлении такого рода изделий. Это фирмы Xilinx, Harris, General Electric, Aeroflex, Actel. В Россию продукция этих компаний может поставляться только по разрешению Госдепартамента США, которое для применения в стратегически значимых системах России обычно не выдается. Аналогичная ситуация и с поставками в Россию оборудования, технологий и материалов для производства микроэлектроники. При этом их поставки для двух новейших технологических поколений категорически запрещена. Поставки оборудования, технологий и материалов для выпуска

более старого поколения продукции возможна только с санкции Госдепартамента США, что обусловлено запретом выпускать в России на их основе изделия специальной микроэлектроники. В этих условиях важнейшей задачей является обеспечение потребностей стратегически значимых систем в собственной специальной микроэлектронике. И особенно – в радиационно-стойкой, составляющей основу национальной безопасности.

Согласно ГОСТ 18298-79, под радиационной стойкостью изделия понимается «свойство аппаратуры, комплектующих элементов и материалов выполнять свои функции и сохранять параметры в пределах установленных норм во время и после действия ионизирующего излучения». Определенной радиационной стойкостью обладают все изделия микроэлектроники. Но имеется ряд областей применения, в которых уровень радиационного ионизирующего излучения существенно выше естественной радиационной стойкости изделий микроэлектроники. Для применения в таких условиях требуется специальная микроэлектроника с повышенной радиационной стойкостью и с сертификацией на устойчивость к определенному уровню и характеру радиационных воздействий [1].

Для того чтобы аппаратура на спутниках работала без сбоев в течение длительного времени, необходима специальная электронная компонентная база (ЭКБ). К основным особенностям ЭКБ, применяемой в условиях воздействия радиации, относятся: стойкость к специальным внешним воздействующим факторам (СВВФ), расширенный температурный диапазон (от –60° до +125°С), обеспечение длительных сроков безотказной работы (15 лет и более) [2]. В настоящее время западные партнеры предпочитают создавать новые космические системы на основе типовых гибридных узлов, (системы в корпусе – СвК). Выбор кристаллов для них осуществляется по технологии «Known Good Die» (KGD) – заведомо бездефектный кристалл, т.е. кристалл проходит специальные приемо-сдаточные испытания на производстве [3]. На отечественных предприятиях поставок по технологии KGD нет. Для решения данной проблемы необходимо: разработать документацию, стандарты, маршрут поставки, приобрести специальное оборудование.

За всю историю полупроводникового производства никакие усилия технологов не позволяли добиться 100%-го выхода годных микросхем. За появление брака при производстве кристаллов микросхем ответственно наличие загрязняющих примесей и посторонних частиц в технологическом оборудовании, чистых помещениях и другие трудно контролируемые факторы. Основная проблема заключается в том, что среди микросхем, признанных годными и успешно прошедших все обычные тесты, далеко не все выдерживают воздействие ионизирующего излучения. Поэтому все стандарты приемки радиационно-стойких микросхем предусматривают набор дополнительных тестов, проводи-

мых на микросхемах, подвергнутых облучению. Доза, полученная микросхемами при этих испытаниях, иногда превышает дозу, планируемую за весь срок эксплуатации. Облученные микросхемы тестируются, отбраковываются, после чего производится высокотемпературная обработка (отжиг) годных кристаллов. После отжига параметры микросхем должны вернуться к параметрам необлученных с допусками, определяемыми стандартом, например MIL-STD-883 Class B. Эти операции значительно увеличивают стоимость радиационно-стойких микросхем по сравнению с промышленными аналогами, поскольку снижают количество годных микросхем в партии и требуют затрат на свое проведение. Однако, практика показывает, что если цена радиационно-стойких микросхем может превосходить цену промышленного аналога в 100 раз, то стоимость законченной системы, построенной на микросхемах, тестированных на радиационную стойкость, значительно превышает стоимость системы, изготовленной из несертифицированных интегральных схем (ИС).

Это связано, во-первых, с усложнением конструкции устройства с целью защиты микросхем от воздействия радиации. Во-вторых, со значительным увеличением объема тестов, необходимых для подтверждения радиационной стойкости изделия в целом. И, в-третьих, с тем, что при отказах микросхем в процессе тестирования (которые обязательно будут в силу причин, названных выше) придется проводить либо ремонт, либо замену модулей, что повлечет дополнительные расходы, как средств, так и времени [4].

Уровень радиационной стойкости ЭКБ зависит не только от конструктивно-технологических и схемно-топологических особенностей реализации изделия, но и от множества объективных и субъективных условий, таких как: выбор информативных параметров и критериев работоспособности (годности) изделий, методик и технических средств испытаний; режимы (электрических и функциональных) работы изделия в процессе испытаний (в сопоставлении с эксплуатационными); условия испытаний (климатических, сопутствующих) – в сопоставлении с эксплуатационными [5].

В нашей стране принят комплекс государственных стандартов «Климат-7» (14 стандартов), который устанавливает требования аттестации каждой партии пластин к СВВФ. Так как в пластине существуют технологические дефекты, влияющие на радиационную стойкость отдельного кристалла, то нельзя гарантировать параметры по надежности и радиационной стойкости для каждого поставляемого кристалла. Реализация технологии производства и поставки потребителю кристаллов с гарантированной надежностью и радиационной стойкостью является сложной технической задачей, и способы достижения могут быть разные.

1. Изделие относится к универсальным интегральным схемам (ИС),

большая часть которых поставляется потребителям как обычная корпусированная микросхема, а незначительная часть кристаллов поставляется по технологии KGD.

2. Изделие специального назначения и проектируется под поставку в кристаллах по технологии KGD.

В первом случае, поставка потребителям обычной корпусированной микросхемы осуществляется по отработанным базовым технологиям. Базовая технология представима в совокупности следующих компонентов.

Базовая технология позволяет более чем на порядок сократить время испытаний и энергопотребление при увеличении достоверности результатов, существенно увеличить количество выборок испытательной информации без увеличения затрат; повысить производительность труда за счет автоматизации процесса испытаний ЭКБ и размещения испытательного оборудования непосредственно на рабочих местах; обеспечить высокую санитарную и экологическую безопасность [5].

В целях обеспечения радиационной стойкости используется два основных подхода при проектировании (RadHard by Design) и при производстве (Rad Hard by Process). Первый подход предполагает, что дизайн-центр разрабатывает специальную радиационно-стойкую библиотеку базовых элементов под стандартный техпроцесс. Второй подход – технологии, ориентированные на радиационную стойкость. К ним относятся технологии типа КНС, КНИ, технологии на объемном кремнии со специальными технологическими операциями для обеспечения радиационной стойкости. Это направление поддерживают, в частности, НПК «Технологический центр» и ОАО «Ангстрем» [6].

Для производства кристаллов под поставку KGD вводятся дополнительные стандарты с более жесткими нормами на параметры, дополняются методами обеспечения гарантированной надежности и радиационной стойкости для каждой поставляемой микросхемы, дорабатывается маршрут поставки. Методы обеспечения гарантированной надежности и радиационной стойкости, в основном, предполагают использование избыточных возможностей кристалла. Примером информационной избыточности может служить кодирование информации. Известный код Хеминга позволяет избежать неприятностей при «мягких» сбоях ИС ОЗУ, возникающих при попадании в «чувствительный» объем элемента ИС тяжелой заряженной частицы с высокой энергией. Вводится режимная избыточность – увеличение напряжения питания с 5 В до 7 В или 10 В увеличивает ресурс по накопленной дозе соответственно в 3 - 7 раз. Применение методов системной надежности приводит к тому, что ИС может отказать, а система будет продолжать работать [7]. Производится контроль статических и динамических параметров в крайних диапазонах температур от –60° до +125°С. Второе направление затрагивает практически все этапы создания кристалла от формирования техниче-

ского задания на разработку до изготовления, тестирования и поставку изделия потребителю. ОАО «Ангстрем» вопросам обеспечения бескорпусного кристалла с гарантированной надежностью и радиационной стойкостью уделяет повышенное внимание как перспективному виду поставок продукции потребителям. Для этого на предприятии приобретено ряд специального оборудования:

– зондовая установка с подогревом и охлаждением столика,

– рентген-установка, совмещенная с зондом,

– лазерная установка, совмещенная с зондом,

– измерительная система, обеспечивающая контроль функционирования, статических и динамических параметров,

– кабельная и согласующая оснастка, обеспечивающая контроль на пластине на предельных частотах функционирования.

Использование микрокорпусов, размеры, которых лишь ненамного превышают размеры кристалла, решает проблемы тестирования и отбраковки бескорпусного кристалла, но и выполняет функции защиты от внешней среды и перераспределяет выводы кристалла на матрицу выводов микрокорпуса. Применение микрокорпусов позволяет тестировать микросхему до установки ее на монтажную подложку. На микросхемах с программируемой логикой создается возможность программировать их пережиганием перемычек в соответствии с задуманной схемой [8].

Следует отдельно выделить зондовые измерения, так как необходимо прикладывать значительные напряжения к испытуемому образцу, коммутировать большие токи, с одной стороны, и необходимо быстро проводить при этом высокоточные измерения сравнительно малых физических величин - с другой.

Измерения статических и динамических параметров необходимо проводить при отрицательных температурах, положительных и при нормальных значениях температур. При этом происходит тройное контактирующее воздействие на кристалл, в результате не обеспечивается стабильный, качественный и надежный контакт согласующей оснастки с кристаллом. Чтобы уменьшить отрицательное воздействие на контактирующие площадки кристалла их увеличивают или раздваивают.

За рубежом бескорпусные кристаллы по технологии KGD предлагают AMI Semiconductor, Aeroflex, Avago Technology, Infineon Technology, NXP, Intel, Freescale, IBM, LSI Logic, Samsung Electronics, Texas Instruments, Analog Devices, Linear Technology, AMD, Catalyst, National Semiconductor, Maxim, Signal Process и др. [3]. Из-за экспортных ограничений процедура приобретения кристаллов по технологии KGD затруднительна. Ввиду отсутствия нормативных документов, стандартов и устаревшего производства микросхем в России, такой технологии нет. В целях технологической безопасности страны предприятие ОАО «Российские космические системы» заинтересовано в производстве кристал-

лов по технологии KGD на отечественном предприятии. ОАО «Ангстрем» такую технологию может реализовать в ближайшее время. Условия для реализации технология KGD на предприятие ОАО «Ангстрем» существуют.

На сегодняшний день имеется: опыт проектирования и производства радиационно-стойких микросхем, приобретено специальное оборудование, разрабатывается маршрут поставки, вводятся новые стандарты.

Реализация технологии KGD позволяют заменить импорт подобных микросхем и снизить стоимость.

Библиографический список

1. Таболкин А.В. Обеспечение национальной безопасности России в области радиационно-стойких ИС // Электронные компоненты. – 2011. № 7. с.86 – 89.

2. Бумагин А., Гулин Ю., Заводсков С., Стешенко В. Специализированные СБИС для космических применений: проблемы разработки и производства // Электроника: Наука. Технология. Бизнес. – 2010. №1. с.50–56.

3. Урличич Ю.М., Данилин Н. С., Димитров Д. М., Булаев И. Ю., Белов Д. А. Системная микроминиатюризация ЭКБ как стратегическая перспектива развития инноваций в космической отрасли // T-Comm - Телекоммуникации и транспорт. 2011. №6. с.14–18.

4. Попович А. Топологическая норма и радиационная стойкость // Компоненты и технологии. 2010. №9. с.100 – 103.

5. Никифоров А.Ю., Телец В.А. Радиационная стойкость электронной компонентной базы систем специальной техники и связи // Спецтехника и связь. 2011. № 4 – 5. с.2 – 4.

6. Басаев А.С., Гришин Ю.В. Космическое приборостроение: главное – правильная концепция // Электроника: Наука. Технология. Бизнес. 2009. №8. с. 4–10.

7. Попов В.Д. Проблемы и возможности применения коммерческих интегральных схем в военной и космической технике // Chip News. 1999.№ 5. с. 28 –32.

8. Медведев А.П. Электронные компоненты и монтажные подложки. Постоянная интеграция. // Электронные компоненты 2006. № 12, с. 95–106.

9. Артюхов В.В., Водолазко Н.А., Ерошкин А.Л., Попо Р.А. Надежность резервированных объектов. Москва. // Труды Междунар. НТК «Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения» «Intermatic» 2014 , ч.1, с 144-146.

10. Ерошкин А.Л., Попо Р.А. Специфика разработки методов обеспечения гарантированной надежности и радиационной стойкости бескорпусных микросхем. // Материалы II Международной научно-практической конференции "Актуальные проблемы и перспектив Москва, 14-18.04.2015.

УДК 621.396.933.22

АНАЛИЗ ВИДЕОИНФОРМАЦИИ В ИК ДИАПАЗОНЕ ПО КОНТРОЛЮ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Грязных И.В., Решетняк С.А., Третьяков Г.Н., Пугачев О.И., Барский Д.Р.
Московский технологический университет, Москва, Россия
e–mail:giw.biz@ya.ru

Аннотация. На основе теоретических предпосылок и накопленного экспериментального опыта проведен анализ видеоинформации в инфракрасном диапазоне по контролю технологических процессов. Сочетание в одном измерительном комплексе трех спектральных диапазонов наблюдения достаточно полно решает поставленную задачу. При анализе не затрагивались вопросы реальной точности измерений температурного поля объекта, которые являются темой специального исследования.

Ключевые слова: ИК диапазон, фоновый шум, видеоинформация.

Анализ видеоинформации в инфракрасном диапазоне по контролю технологических процессов подготовки, старта и полета ракетно-космических носителей (РКН) на начальном участке траектории является высоко оперативным дистанционным методом видео контроля относительного температурного поля объекта с целью своевременного выявления нештатных ситуаций. Его использование повышает эффективность и дает дополнительную по сравнению с видеоинформацией в видимом диапазоне об объекте. Регистрация изображения в ИК области спектра обладает рядом особенностей. Это сравнительно с видимым диапазоном низкая чувствительность и низкое геометрическое разрешение объектов на местности. По характеру взаимодействия с исследуемым объектом регистрация ИК изображения является пассивным методом, т.е. при съемке не производится воздействие на объект (в отличие, например, от радиолокационной или лазерной съемки, а также различных методов, использующих посылку зондирующих сигналов). Регистрируется ИК излучение, испускаемое непосредственно земной поверхностью и расположенными на ней объектами. Это преимущественно собственное тепловое излучение поверхностных объектов, и в меньшей степени – отраженный поток солнечной радиации. По используемому диапазону электромагнитного излучения метод является оптическим. По характеру приема лучистой энергии метод является интегральным, т.е. воспринимается суммарный поток излучения во всем рабочем спектральном интервале. В этом проявляется отличие от спектральных методов исследований, при которых регистрируется излучение с определенной длиной волны или в весьма узком спектральном диапазоне. Ра-

бочие спектральные интервалы ИК регистрации определяются "окнами прозрачности" атмосферы и спектральными характеристиками используемых приемников лучистой энергии.

Характеризуя эффективность излучения тепловых источников, рассматривают три вида излучателей: черные, серые и селективные. Абсолютно черное тело (АЧТ) является идеальным излучателем, обладающим максимально возможной мощностью излучения при любой температуре. Излучательная способность $r_{\lambda T}$ (Вт/м^2·мкм) АЧТ зависит от температуры Т и длины волныλ(закон излучения Планка)

$$r_{\lambda T} = (2\pi c^2/\lambda^5)/(e^{hc/kT}-1), \quad (1)$$

где λ – длина волны, мкм;

c – скорость света в вакууме;

k – постоянная Больцмана;

h – постоянная Планка;

T – абсолютная температура.

На рис. 1 показана зависимость излучательной способности от длины волны (спектр излучения АЧТ) для двух значений температур 325°К (52°С) и 650°К (377°С).

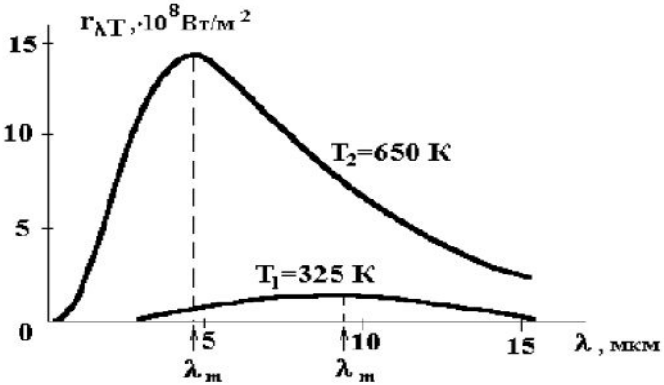


Рис. 1. Зависимость излучательной способности от длины волны

Формулы, полученные для черного тела, можно применять к серым телам, вводя поправочный коэффициент a_T. Излучательная способность $R_{\lambda T}$ серого тела, к которому относится корпус РКН, связана с $r_{\lambda T}$ согласно закону Кирхгофа

$$R_{\lambda T} = a_T r_{\lambda T}, \quad (2)$$

где a_T – степень черноты.

Из рис. 1 видно, что излучательная способность максимальна при длине волны λ_m, которая уменьшается с увеличением температуры. Излучательная способность «горячих» элементов РКН с температурой 377° С

имеет максимум при 5 мкм, а соответствующая спектральная плотность мощности излучения равна $14 \cdot 10^8$ Вт/м^2, излучательная способность «теплых» элементов РКН с температурой 52 °С достигает максимум при длине волны 9,5 мкм и существенно меньше – $1{,}7 \cdot 10^8$ Вт/м^2. Зависимость максимальной длины волны излучения от температуры названа законом Вина (λ_{max}= b/T, где постоянная b =2897,8 мкмК°). Коэффициент a_T <1 (степень черноты) не зависит от длины волны и влияет только на величину мощности излучения.

Полная мощность излучения R с единичной площади, пропорциональна четвертой степени температуры

$$R = a_T \sigma T^4, \qquad (3)$$

где $\sigma = 5{,}7 \cdot 10^{-8}$ Вт/(м2·К^4) – постоянная Стефана–Больцмана.

Значения λ_{max} и R (округленные) приведены ниже в табл.1 для различной температуры АЧТ.

Таблица 1

Т °К (Т°С)	λ_{max} мкм	R Вт/м^2	Элементы РКН
23 (–250)	1000	$5 \cdot 10^{-6}$	Жидкий кислород
$3 \cdot 10^2$ (27)	10	$5 \cdot 10^2$	Элементы РКН при нормальной летней температуре
$3 \cdot 10^3$ (272)	1	$5 \cdot 10^6$	Работающий двигатель РКН

Данные табл.1 позволяют оценить полную мощность излучения АЧТ и выбрать соответствующий рабочий спектральный диапазон. Выбор рабочего спектрального диапазона кроме мощности излучения, испускаемого РКН, зависит и от других факторов:

- пропускательной способности атмосферы;
- теплового контраста объекта;
- обнаружительной способности приемника.

Пропускательная способность атмосферы является важным фактором, имеющим существенное значение для приема ИК изображения. Характеристики атмосферы сильно изменяют спектр излучения. Многочисленные экспериментальные данные подтверждают наличие окон пропускания: от 3 до 5 мкм и от 8 до 14 мкм. Пропускание атмосферы зависит от расстояния до объекта и от метеорологических условий. На коротких расстояниях до 200 – 300 метров коэффициент спектрального пропускания излучения атмосферой близок к единице. При больших расстояниях атмосфера не только поглощает часть излучения, но и добавляет собственное излучение. В общем случае очень влажная атмосфера оказывает влияние в диапазоне 8 – 12 мкм, тогда как аэрозоли и дымка неблагоприятны для диапазона 3 – 5 мкм.

Таким образом, учитывая, что излучательная способность (мощ-

ность) объекта меньше при низких температурах (325° К) в диапазоне 3 – 5 мкм, чем в диапазоне 8 – 12 мкм, отношение сигнал/шум в приемнике будет больше в диапазоне 8 – 12 мкм. РКН на земле находится на стартовой позиции. Температура земли (фона) 230° К зимой и 325° К летом. На этом фоне необходимо выявить элементы объекта с температурой 0,1 – 0,2 К. Излучательная способность АЧТ (формула Планка (1)) нормированная относительно энергии кванта hc/λ дает распределение потока фотонов

$$Q_{\lambda T} = r_{\lambda T}\lambda/(hc). \quad (4)$$

Интегрируя (4) в пределах от λ=0 до λ = $\lambda_{гр}$ (граничная длина волны) и по пространственной полусфере, получится интегральный поток фотонов $Q_{\lambda гр}$ с длинами волн от 0 до $\lambda_{гр}$. На рис. 2 показаны зависимости потока фотонов для различных температур. Из графиков видно, плотность фонового потока летом при температуре АЧТ 290° К и выше для диапазона 8 – 12 мкм достаточно велика и сравнима с плотностью потока в видимой области спектра при ярком солнечном свете. Это означает, что фоновый шум в диапазоне 3 – 5 мкм меньше. Его можно сравнить с плотностью потока при комнатном освещении.

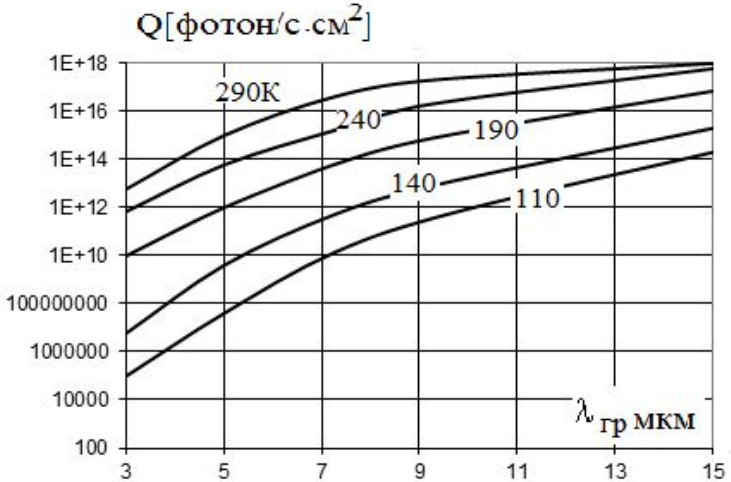


Рис 2. Зависимость фонового потока
фотонов от земли для различных температур

Кроме спектральных характеристик излучения и влияния атмосферы, рассмотрим характеристики приемников ИК излучения. По характеру сбора полезной информации в пространстве регистрация изображения основана на обзоре двумерного поля излучения. Обзор пространства осуществляется поэлементно путем сканирования, либо путем одновременного восприятия, например, при использовании матричных приемников ИК

излучений. Важнейшей характеристикой является чувствительность, под которой понимают мощность принимаемого излучения, эквивалентную шуму (NEP [Вт]). В приемниках ИК изображения принято пользоваться характеристикой обратной чувствительности, называемой обнаружительной способностью приемника $D = (NEP)^{-1}$.

Приемники ИК излучения регистрируют тепловое поле объекта как тепловой контраст. Контрастность находят, интегрируя выражение $(Q_{\lambda гр})^{-1} dQ_{\lambda гр}/dT$ от нуля до $\lambda_{гр}$. Результаты расчетов представлены на рис. 3 для летней температуры полигона 290° К.

Из графиков видно, что для $\lambda_{гр}$ = 5мкм контрастность составляет 4% на каждый градус температуры свыше 290° К, а для $\lambda_{гр}$=14 мкм она равна 2% на один градус. Для разности температур 0,2° К на фоне с температурой 290° К контрастность равна 0,8% в окне 3 – 5 мкм и 0,4% в окне 8 – 12 мкм. Таким образом, основные проблемы приема ИК изображений на фоне земли связаны с большим фоном и низкой контрастностью. Суммируя данные, приведенные выше, можно сделать вывод о том, что при регистрации ИК изображений могут использоваться оба диапазона, но все-таки небольшое преимущество при низких (меньше 300°К) температурах имеет диапазон 8 – 12 мкм.

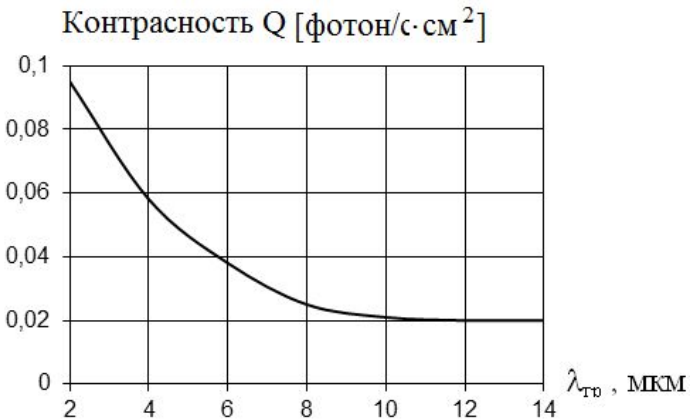


Рис 3. Зависимость контрастности теплового поля от длины волны

Если используются в приемнике ИК широкополосные приемные элементы, например, болометры, работающие от 3 мкм до 14 мкм, то их интегральная чувствительность возрастает. Тогда выгодно работать в многоспектральном режиме. В соответствии с формулой (3) полный поток $\Phi_{пол}$ излучения с площади $S_{изл}$ по всем направлениям равен

$$\Phi_{пол} = S_{изл}R = \pi S_{изл}B, \qquad (5)$$

где B – энергетическая яркость (лучистость).

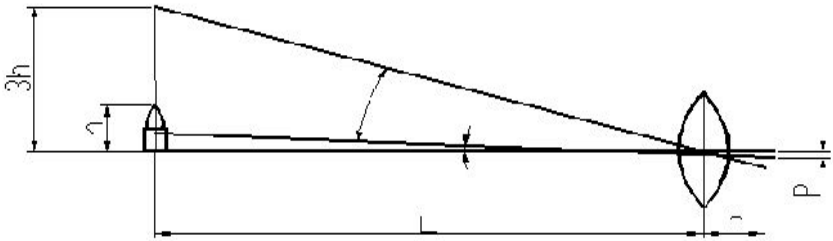


Рис 4. Схема прохождения ИК–лучей от объекта до ИК–приемника

На рис. 4 показана схема прохождения ИК лучей от объекта до приемника ИК, где обозначено: h – высота РКН, принятая равной 50 м; L – расстояние от РКН до ИК приемника; f – фокусное расстояние объектива; p – длина (ширина) элемента ИК приемника, площадь которого равна $S_{пр} = p^2$ мкм^2; φ – заданное поле зрения 12 (H) x 9(V); Δφ – угол зрения определяемый размерами p одного элемента (пиксела) ИК приемника. Телесный угол зрения Δφ для случая, когда линейные размеры излучателя и приемника малы по сравнению с расстоянием L между ними, равен $\Delta\varphi = S_{изл}/L^2$. Тогда получим, что поток Φ излучения с площади $S_{изл}$ объекта в направлении телесного угла Δφ равен

$$\Phi = (S_{пр} /\pi L^2)\, S_{изл}\sigma a_T T^4, \qquad (6)$$

где $S_{пр} /\pi L^2$ – доля излучения, попадающего на элемент приемника; $S_{изл}a_T T^4$ – полная мощность излучения с площади$S_{изл}$ серого тела при температуре T.

Если принять, что фоновый поток Φ_0, определяющий отношение сигнал/шум, соответствует температуре T_0, то при возрастании температуры от T_0 до T изменение потока $\Delta\Phi = \Phi - \Phi_0$ умноженного на чувствительность NEP дает приращение напряжения ΔU на выходе одного элемента ИК приемника

$$\Delta\Phi = S_{пр}S_{изл}a_T\,(T^4 - T_0^4)\sigma /\pi L^2. \qquad (7)$$

Полученное выражение позволяет найти тот температурный интервал, который на расстоянии L даст приращение потока, соответствующий чувствительности ИК приемника, и тем самым позволит учесть влияние дальности до объекта на разрешение по тепловому полю.

Не останавливаясь на деталях дальнейшего анализа, отметим, что подобный анализ на основе теоретических предпосылок и накопленного экспериментального опыта проводился неоднократно различными группами разработчиков. Кратко опыт можно резюмировать следующим образом. Диапазон 3–5 мкм предпочтительнее в условиях влажной, но чистой атмосферы при дальностях до объектов больших 10 км (при метрологической дальности видимости (МДВ) большей 15 км). В условиях средних значений 5 км ≤ МДВ ≤ 15 км и при МДВ≤ 5 км в приземной атмосфере незави-

симо от увлажнения воздуха диапазон 8 – 12 мкм имеет преимущество перед диапазоном 3 – 5 мкм (особенно при дальностях до объекта меньших 10 км). Однако при наличии высокой влажности эффективность канала 8 – 12 мкм снижается и целесообразно работать в более коротковолновом диапазоне.

Сочетание в одном измерительном комплексе трех спектральных диапазонов наблюдение достаточно полно решает поставленную задачу.

Библиографический список

1. Назаров И.М., Николаев А.Н., Фридман Ш.Д. Основы дистанционных методов мониторинга загрязнений природной среды. –Л.: Гидрометеоиздат, 1983. 280 с.
2. Nefedov, V.I., Luchnikov, P.A., Trefilov, N.A., Selenya, K.A. Sintering of Ceramic with Microwave. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Volume 168, Issue 1, 7 February 2017, Article number 012097. 12th International Conference Radiation-Thermal Effects and Processes in Inorganic Materials; Tomsk; Russian Federation; 4 September 2016.
3. Шарков Е.А. Радиотепловое дистанционное зондирование Земли: физические. Т. 1. – М.: ИКИ РАН, 2014. 544 с.
4. Селеня К.А., Берикашвили В.Ш., Нефедов В.И., Барский Д.Р., Дементьев А.Н., Оганян А.В. Многоканальные волоконно-оптические телекоммуникационные сети и системы. Материалы Международной научно-технической конференции «INTERMATIC – 2016. МИРЭА, 21 – 25 ноября 2016 г., МИРЭА. Москва. С. 205-210.

ANALYSIS OF VIDEOINFORMATION IN THE IR RANGE ON CONTROL OF TECHNOLOGICAL PROCESSES

Gryaznykh I.V., Reshetnyak S.A., Tretyakov G.N., Pugachev O.I., Barsky D.R.
Moscow Technological University, Moscow, Russia
e-mail: giw.biz@ya.ru

Annotation. On the basis of theoretical assumptions and the accumulated experimental experience, an analysis of video information in the infrared range on the control of technological processes was carried out. The combination of three spectral ranges of observation in one measuring complex quite fully solves the problem posed. The analysis did not touch upon the real accuracy of measurements of the temperature field of the object, which are the subject of a special study.

Keywords: IR range, background noise, video information.

УДК 621.315.592.9

КОМПЛЕКСНЫЙ ПРОЦЕСС УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ ИНВЕСТИЦИОННОГО ПРОЕКТА

Варюшкина Н.А., Засовин Э.А.
Московский технологический университет, Москва, Россия

Аннотация. Для эффективного управления инвестиционным риском необходимо знание не только его объекта, но и его взаимосвязи с внутренней и внешней средой в процессе инвестиционной деятельности. Вследствие этого могут выявиться новые факторы риска, а в оценки выявленных ранее рисков (при планировании) могут быть внесены коррективы.

Ключевые слова. Анализ рисков, качественный анализ, количественный анализ, мониторинг рисков, оценка результатов, идентификация рисков, приоритетность рисков.

Поэтому возникает потребность в создании «механизма» риска, который позволил бы анализировать и измерять риск, наилучшим образом учитывать его особенности при принятии и реализации экономических решений. Для этого процессом выработки решений, сопряженных с риском, нужно управлять [1-6].

Концептуально процесс управления рисками мало чем отличается от процесса управления самим предприятием. Оно включает:

1. Формулирование целей и задач;
2. Сбор информации и прогнозирование рисков по проявлениям;
3. Измерение основных характеристик полезного эффекта, а также масштабов и возможностей проявления риска.

На этой основе выясняются критерии: «выигрыши» – «возможности» – «потери» подбирают методики на возможные варианты развития рискованных процессов [2]. В итоге решается главная задача риск – менеджмента – реализация мероприятий по повышению эффективности предприятия при условии надлежащего предотвращения или снижения потерь.

Рассмотрим процесс управления рисками, образующий взаимосвязанную систему этапов (рис. 1).

Этап 1. Постановка целей управления рисками проекта. Данный этап характеризуется использованием методов прогнозирования и анализа экономической ситуации на рынке, а также выявлением потребностей и возможностей. Утверждается дальнейшая стратегия в отношении управления рисками.

Этап 2. Анализ риска предполагает не только определение потерь, но и расчет вероятностей того, что потери будут выше некоторого заранее данного уровня. Именно это и есть основной фактор риска.

Рис. 1. Схема взаимосвязи этапов управления рисками при реализации проекта

Подэтап 2.1. Выявление рисков. Необходимо определить те ситуации или события, которые могут вызвать отрицательные последствия для проекта. Причем особое внимание уделяется тому, были ли уже подобные проекты или же это является инновационным проектом. Если имелся опыт с подробными проектами, то особое внимание уделяется уже имеющейся информации по прошлым проектам.

Для оценки уровней риска используются статистические и оперативные данные, экспертные оценки и *прогнозы*, рейтинги и т.д. Информация, необходимая для целей управления рисками следующая:

1) об участниках проекта;
2) о состоянии рынка и тенденциях ее изменения;
3) об изменениях в нормативной базе по инвестициям;
4) об условиях инвестирования.

Основными источниками информации являются: статистическая отчетность, публикуемая государственными органами; финансовая, биржевая и специализированная пресса подсистемы финансового рынка международных и национальных информационных систем, база данных нормативных актов системы данных рейтинговых агентств, информационные системы бирж и организованных внебиржевых систем; оценочные и прогностические материалы аналитических отделов, банков; экспертные оценки [5].

Качество отбора и обработки первичных массивов информации во многом определяет результаты анализа риска.

Участники проекта выявляют риски на основе своего опыта приобретенного в предыдущих проектах или на предыдущих стадиях данного проекта.

Выявленные риски документируются.

Подэтап 2.2. Исходным пунктом эффективного управления рисками реальных инвестиций является объективная оценка уровней рисков. Выявленный риск анализируется для определения его влияния на расходы, график работы и т.д. Оценивается также вероятность его реализации. Приоритет риска определяется произведением его вероятности на возможные последствия (величина ущерба). Для каждого приоритетного риска необходимо выбрать стратегию реагирования.

Этап 3. Выбор методов воздействия на риски. Для каждого риска определяются меры воздействия для снижения вероятности проявления риска. Для борьбы с рисками можно также планировать соответствующие резервы (деньги, время, люди).

Основными способами воздействия на риск являются: снижение, сохранение и передача риска.

• **снижение риска** – это уменьшение предполагаемого ущерба или вероятности наступления риска. Это обычно достигается проведением предупредительных мероприятий.

• **сохранение риска** не всегда означает отказ от любых действий. Предприятие может создать специальные резервные фонды (фонды самострахования или фонд риска), из которых будет производиться компенсация убытков. Такой метод управления рисков называется самострахованием.

Вторым способом сохранения рисков является привлечение кредитов и займов, получение гарантированных дотаций и другие [1-3].

• **передача риска** – это передача ответственности за него третьим лицам. К ним относятся страхование, а также различного рода финансовые гарантии, поручительства и т.д.

Этап 4. Применение методов. Применение методов, принятых на предшествующем этапе.

Этап 5. Мониторинг рисков. Контроль и корректировка результатов реализации выбранной стратегии при изменении вероятности и последствий рисков. Своевременное выявление новых рисков, которые реализуются в данный момент. Фактически это является повторением выявления и анализов рисков.

При завершении проекта подводятся итоги проекта и анализ реализовавшихся рисков.

Этап 6. Оценка результатов. Завершающая стадия процесса регулирования рисков. Проведение оценки дает возможность сравнить планируемые и достигнутые результаты, учесть полученный опыт для оптимизации процесса регулирования рисков в будущем. Эффективность применения методов управления рисками определяется по их влиянию на изменение стоимости проекта, либо по изменению конкретных показателей, например NPV (чистый дисконтированный доход), IRR (внутренняя норма доходности) и др. [3].

На разных стадиях проекта общий объем и виды рисков меняются. Соответственно меняются и методы управления рисками. Поэтому данная работа по управлению рисками осуществляется на протяжении всего срока существования проекта, переходя от одной стадии к другой.

Представленная схема отражает *системный подход* управления рисками в сравнении с традиционным, в котором отсутствуют оценка и контроль принятых решений.

Цикличность схемы отражает учет положительных результатов управления рисками в последующих производственных циклах инвестиционного проекта.

На основании исследования комплексного процесса управления рисками инвестиционного проекта можно сделать вывод: управление инвестиционными рисками должно быть интегрировано в общий организационный процесс. Необходимо периодически пересматривать мероприятия и средства такого управления.

Библиографический список

1. Тепман Л.Н. Управление рисками. –М.: Анкил, 2010.
2. Гранатуров В.М. Экономический риск: сущность, методы измерения, пути снижения: учеб. пособие. 3-е изд., перераб. и доп. -М.: Делои Сервис, 2010.
3. Ефимова О.В. Финансовый анализ: современный инструментарий для принятия экономических решений: Учебник. 3-е изд., испр. и доп. -М.: Омега-Л, 2010.
4. Чиченов М.В. Инвестиции: Учеб. Пособие. -М.: КноРус, 2007.
5. Внучков Ю.А. Оценка и управление инвестиционными проектами: Учеб. метод. Материалы. М., 2010;
6. Гончаренко Л.П., Филин С.А. Риск-менеджмент/ Под ред. Е.А. Олейникова. -М.: КноРус, 2006.

INTEGRATED PROCESS OF RISK MANAGEMENT OF THE INVESTMENT PROJECT

© Varyushkina N.A., Zasovin E.A.
Moscow Technological University, Moscow, Russia

Abstract. For effective management of investment risk requires knowledge of not only its object but also its relationship with the internal and external environment in the process of investment activities. As a consequence, you may discover new risk factors and assessment of previously identified risks (when you plan) canbeamended.

Keywords. Risk analysis, qualitative analysis, quantitative analysis, risk monitoring, evaluation of results, identification of risks, priority of risks.

УДК 621.315.592.9

ОДНОМЕРНАЯ МОДЕЛЬ КАМЕРЫ СВЧ НАГРЕВА

Селеня К.А., Трефилов Н.А., Нефедов В.И., Козловский И.Б., Малофеев А.В.
Московский технологический университет, Москва, Россия
tna-msk@rambler.ru

Аннотация. В статье анализируется одномерная модель камеры СВЧ нагрева при разном расположении обрабатываемого материала. Анализ одномерной модели выполняется с использованием ориентированных графов. Результаты позволяют оценить плотность распределения плотности мощности греющего электромагнитного поля.

Ключевые слова. СВЧ нагрев, камеры микроволнового нагрева, одномерная модель камеры, плотность распределения мощности, радиопоглощающие среды.

В подавляющем большинстве случаев нагрев каких-либо физических тел производится путем передачи тепла снаружи во внутрь за счет теплопроводности. В СВЧ диапазоне при рациональном подборе частоты колебаний и параметров нагревательных камер, где происходит преобразование СВЧ энергии в тепловую, можно получить равномерное выделение тепла по объему тела. Эффективность преобразования СВЧ энергии в тепло возрастает прямо пропорционально частоте колебаний и квадрату напряженности электрического поля. При этом следует отметить простоту подачи СВЧ энергии практически к любому участку нагреваемого объекта [1-9]. Под микроволновым или сверхвысокочастотным (СВЧ) нагревом понимается нагрев обрабатываемых материалов, изделий и объектов за счет поглощения ими энергии электромагнитных волн, создаваемых специальными источниками частотой более 300 МГц в экранированных камерах нагрева [4]. СВЧ нагрев характеризуется тем, что электромагнитная волна проникает практически мгновенно внутрь обрабатываемого изделия и осуществляет нагрев объекта изнутри, в отличие от конвективного нагрева или нагрева за счет эффекта теплопередачи.

По соображениям безопасности микроволновый нагрев объектов обслуживающего персонала, экологичности и уменьшения потерь СВЧ мощности как правило выполняется в экранированных камерах нагрева. При этом для анализа распределения плотности греющей мощности электромагнитного поля внутри камеры используется ее представление виде объемного резонатора.

При полном отсутствии потерь в камере нагрева электромагнитное поле в ней может существовать только на резонансных частотах [6]. При

наличии потерь в камере и при конечной добротности камеры нагрева, в ней может существовать одновременно множество типов колебаний электрического E_{mnp} и магнитного H_{mnp} типов с различными индексами из-за высокой плотности резонансного спектра колебаний резонатора в случаях, когда его размеры по всем координатам существенно превышают длину волны возбуждаемых электромагнитных колебаний. Камера микроволнового нагрева является многорезонансной системой.

Полное поле в камере СВЧ нагрева можно представить суперпозицией полей разных типов волн с различными амплитудами. Полоса частот, в пределах которой могут эффективно возбуждаться колебания какого либо типа определяется соотношением

$$\Delta f = \frac{\omega_p}{2\pi Q_i}, \qquad (1)$$

где параметр $Q_н$ нагруженная добротность камеры СВЧ нагрева для колебания данного типа электромагнитной волны.

Плотность мощности греющего электромагнитного поля в камере определяется суммарной амплитудой электрического поля всех типов колебаний, существующих в камере и изменяется в зависимости от положения точки наблюдения, поэтому микроволновый нагрев производится неравномерно по глубине среды. Для обеспечения равномерного поля температур используют специально подобранный временной график нагрева и уменьшают толщину обрабатываемых изделий, для получения двухстороннего нагрева.

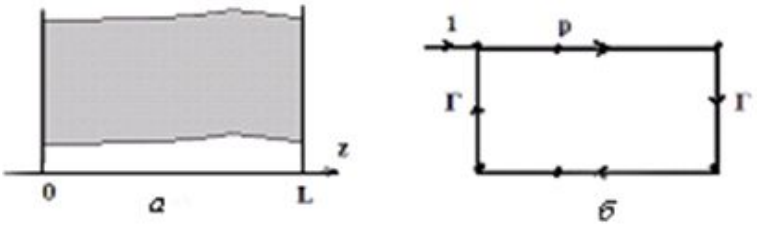


Рис. 1. Модель одномерной камеры и соответствующий граф

Для уточнения оценки полосы частот (1) и оценки неравномерности нагрева рассмотрим одномерную модель камеры в виде двух параллельных идеально отражающих поверхностей между которыми находится обрабатываемая среда. Плотность мощности греющего электромагнитного поля в камере определяется суммарной амплитудой электрического поля всех типов колебаний, существующих в камере и изменяется в зависимости от положения точки наблюдения, поэтому микроволновый нагрев производится неравномерно по глубине среды. Для обеспечения равномерного поля температур используют специально подобранный временной график нагрева и уменьшают толщину обрабатываемых изделий, для получения двухсто-

роннего нагрева.

Для оценки неравномерности нагрева рассмотрим одномерную модель камеры в виде двух параллельных идеально отражающих поверхностей между которыми находится обрабатываемая среда. Будем считать, что комплексная диэлектрическая проницаемость заполняющей камеру среды определяется усредненным соотношением Лихтенекера для смеси обрабатываемого материала и воздуха

$$\varepsilon = \varepsilon_1 y, \tag{2}$$

Полное электромагнитное поле в камере – результат суперпозиции плоских волн, двигающихся в противоположных направлениях. Модели показана на рис. 1,*а*. На рис. 1, *б* показан ориентированный граф, описывающий используемую модель.

Если обозначить коэффициент отражения волн от стенки камеры Г, а постоянную распространения волн в камере как *k*, нормированная комплексная амплитуда суммарного поля в полюсе р, соответствующем положении точки наблюдения, может быть записана в виде

$$\mathrm{E} = \frac{\exp\left(-\gamma \mathrm{z}\right)}{1\text{-}\Gamma^2 e^{-2\gamma L}} \tag{3}$$

где

$$\gamma = \frac{j\omega}{\tilde{n}} \sqrt{\varepsilon(1 - jtg\delta)} \cos\varphi_i; \tag{4}$$

$$\varphi = \arcsin\left(\frac{\sin\varphi}{\mathrm{Re}\left\{\sqrt{\varepsilon(1 - jtg\delta)}\right\}} \right). \tag{5}$$

В формулах (4-5) ω, с – соответственно угловая частота и фазовая скорость электромагнитного поля; ε, tgδ – относительная диэлектрическая проницаемость и тангенс угла диэлектрических потерь в среде, определяемые по формуле (2).

При нагреве виртуальной полубесконечной среды однородным по поверхности СВЧ-электромагнитным полем объемная плотность мощности нагрева [2-5]

$$\ddot{I} = \frac{1}{2} E^2 \exp\left(-2k\, z \sqrt{\varepsilon \sqrt{1 + tg^2\delta}} \sin^2 \frac{\delta}{2} \right), \tag{6}$$

где E – амплитуда напряженности электрического поля на поверхности среды, z – удаление от границы среды.

Предложенная модель позволяет оценить неравномерность распределения греющей СВЧ-мощности и выбрать оптимальные режимы возбуждения камеры с противоположных сторон камеры. Модификация модели позволяет рассмотреть различные способы заполнения камеры обрабатываемым материалом.

На рис.2,*а* показано заполнение камеры обрабатываемым материалом в виде двух симметрично расположенных одинаковых слоев. На рис.2,*б*

представлен ориентированный граф для такого случая. На рис. 2 обозначено: Γ_1 – коэффициент отражения волны от границы слоя обрабатываемого материала; p_1, p_2 – положение полюсов при размещении точки наблюдения в слоях обрабатываемого материала.

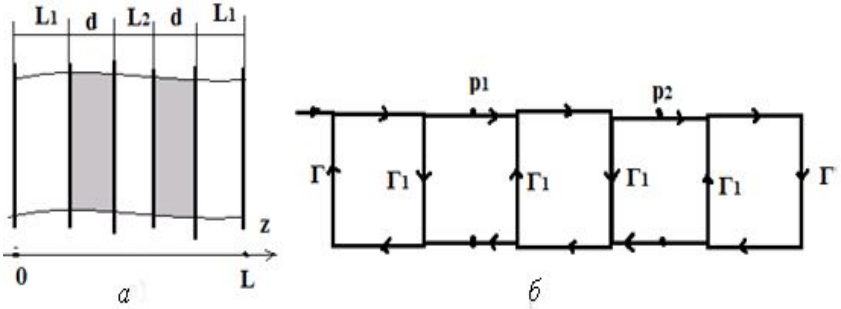


Рис. 2. Камера с неоднородным заполнением:
а – модель; *б* – соответствующий ориентированный граф

Нормированные комплексные амплитуды суммарного поля в полюсах p_1, p_2, соответствующих положению точки наблюдения, может быть записана в виде

$$E_1 = \frac{exp(-\gamma(z-L_1)-jk_0L_1)\left(1-\Gamma\Gamma_1 exp(-j2k_0L_1)-\Gamma\Gamma_1\left(exp(-j2k_0(L_1+L_2)-2\gamma d)\right)\right)}{1-2\Gamma\Gamma_1 exp(-j2k_0L_1)-\Gamma\Gamma_1\left(exp(j2k_0(L_1+L_2)-2\gamma d)-\Gamma_1^2 exp(-j2k_0L_2)\right)}, \quad (7)$$

$$E_2 = \frac{exp\left(-\gamma d-jk_0\,(L_1+L_2)-\gamma(z-L_1-L_2-d)\right)\left(1-\Gamma\Gamma_1 exp\,(-j2k_0L_1)\right)}{1-2\Gamma\Gamma_1 exp(-j2k_0L_1)-\Gamma\Gamma_1\left(exp(j2k_0(L_1+L_2)-2\gamma d)-\Gamma_1^2 exp(-j2k_0L_2)\right)}. \quad (8)$$

Аналогично можно оценить другие виды заполнения камеры обрабатываемым материалом. Исследуемая модель микроволновой камеры СВЧ нагрева и предлагаемый путь анализа позволяет уточнить соотношение (1) для различных видов заполнения камеры микроволнового нагрева обрабатываемым материалом и дает возможность анализа влияния способа заполнения камеры на равномерность распределения плотности мощности греющего электромагнитного поля.

Библиографический список

1. Nefedov, V.I., Luchnikov, P.A., Trefilov, N.A., Selenya, K.A. Sintering of Ceramic with Microwave. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Volume 168, Issue 1, 7 February 2017, Article number 012097. 12th International Conference Radiation-Thermal Effects and Processes in Inorganic Materials; Tomsk; Russian Federation; 4 September 2016.

2. Нефедов В.И., Трефилов Д.Н., Дементьев А.Н., Ветрова В.В., Колесников С.М., Шпак А.В.. Интегральные уравнения для моделирования

цилиндрических зеркальных антенн. Российский технологический журнал. 2017. Том 5. № 3. С. 3-8.

3. Архангельский Ю.С., Девяткин И.И. Сверхвысокочастотные нагревательные установки для интенсификации технологических процессов. Саратов: Саратов. гос. ун-т, 1983. 140 с.

4. Dielektriche Erwarmung keramischer Materialien/ Bohnke H.//Sprechaal. – 1990. - 123, №11/ . С.1125 –1128.

5. Трефилов Н.А., Шпак А.В. Разработка технологий микроволнового нагрева Актуальные проблемы и перспективы развития радиотехнических и инфокоммуникационных систем // Сборник трудов МНПК "Радиоинфоком-2013, часть1. - М.: МИРЭА, 2013, с. 180-184

6. Трефилов Н.А. Разработка комплекса аппаратуры для многофункциональных быстродействующих систем микроволновой сушки сельхозпродукции и лесоматериалов // Материалы ВНТК "Высшая школа России: Конверсия и приоритетные технологии". - М.: МАИ, 1996.

7. Капустин А.И., Золотовский И.О., Трефилов Н.А. Микроволновый способ вспенивания гранул пенополистирола// патент РФ №2446046.

8. Пищулин К.Н., Трефилов Н.А., Дмитриенко Г.В., Капустин А.И. Способ изготовления сердечника свечи зажигания двигателя внутреннего сгорания // Патент РФ № 2187869.

9. Михайлин С.М., Веткасов Н.И., Трефилов Н.А., Капустин А.И., Жданов С.В. Способ изготовления абразивного инструмента на бакелитовой связке (Бронзовая медаль 60-й международной выставки «Идеи, изобретения, инновации. - «IENA-2008») // патент РФ № 2294825.

ONE-DIMENSIONAL MODEL OF THE MICROWAVE CHAMBER

Selenya K.A., Trefilov N.A., Nefedov V.I., Kozlovsky I.B., Malofeev A.V.
Moscow Technological University, Moscow, Russia
tna-msk@rambler.ru

Abstract. In the article, a one-dimensional model of the microwave heating chamber is analyzed for a different arrangement of the processed material. Analysis of a one-dimensional model is performed using oriented graphs. The results allow one to estimate the density distribution of the power density of the heating electromagnetic field.

Keywords. Microwave heating, microwave heating chambers, one-dimensional model of the chamber, power density distribution, radio-absorbing media.

УДК 004.72

ИЗМЕРЕНИЕ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ IoT-УЗЛОВ В СИМУЛЯТОРЕ COOJA ОС CONTIKI

© С.Г. Майхуб
Московский технологический университет (МИРЭА), Москва, Россия
e-mail: samarah.mai@gmail.com

Аннотация. ОС *Contiki* представляет собой операционную систему с открытым исходным кодом для интернет-вещей (Internet of Things, IoT), в том числе для сенсорных сетей и других сетевых интегрированных устройств. Статья посвящена описанию характеристик и архитектуры *Contiki*, ее симулятора *Cooja*. Приведены результаты измерений энергопотребления простой сети из двух IoT-узлов (Sky-mote) в симуляторе *Cooja*.

Ключевые слова. Интернет-вещей, Беспроводные сенсорные сети, ОС *Contiki*, Симулятор *Cooja*, Энергопотребление, Tmote Sky, IEEE 802.15.4.

Интернет-вещей – определен в Рекомендации ITU-T Y.2060 [1] как глобальная инфраструктура для информационного общества, которая обеспечивает возможность предоставления более сложных услуг путем соединения друг с другом (физических и виртуальных) вещей на основе существующих и развивающихся функционально совместимых информационно-коммуникационных технологий.

Физическая вещь (устройство) – применительно к IoT означает элемент оборудования, который обладает обязательными возможностями связи и дополнительными возможностями измерения, а также ввода, хранения и обработки данных. IoT-устройства выпускаются многими производителями (IBM, Matrikon и др.) и различаются по функционалу, размерам, форме и т.д. Характерными примерами IoT-устройств являются RFID-метки, устройства мониторинга параметров окружающей среды (различные датчики (влажности, температуры, света и т. п.)), и даже современные автомобили, содержащие множество различных датчиков.

Отдельную группу составляют маломощные узлы (mote/node) беспроводных сенсорных сетей (БСС).

Их особенность состоит в ограниченности ресурсов, а именно: ограниченность вычислительной мощности (8-бит или 16-бит микроконтроллеры [2]); ограниченность энергии питания; малый объем имеющейся па-

мяти (около 20 КБ ОЗУ и 100 КБ ПЗУ [2]); ограничение дальности связи беспроводного соединения. Поэтому для них нужны специальные, *облегченные* ОС. В табл.1 приведены основные ОС для IoT- устройств [3].

Таблица 1. Основные ОС для IoT - устройств

Операционная система	Язык программирования	Минимальный объем памяти (КБ)
TinyOS [4]	nesC	1
Contiki [2]	C	2
LiteOS [5]	C	4
Riot OS [6]	C/C++	1.5

Статья посвящена ОС *Contiki* и вопросам измерения энергопотребления сети из двух маломощных узлов БСС в симуляторе *Cooja*.

Первый раздел статьи посвящен описанию основных характеристик, архитектуры и поддерживаемых протоколов связи ОС *Contiki*. Во втором разделе рассмотрен симулятор *Cooja* для этой ОС.

В третьем разделе приведена схема эксперимента в *Cooja*, и рассмотрен программный механизм для измерения потребления энергии в *Contiki* (powertrace). В четвертом разделе показаны полученные результаты по измерению энергопотребления узлов сети.

1. Операционная система Contiki

Contiki представляет собой популярную ОС с открытым кодом для маломощных микроконтроллеров IoT-устройств, таких как, AVR, RL7, MSP430[1]. ОС *Contiki* разработана Шведским институтом компьютерных наук (SICS)[2], последняя версия 3.0 [7], [8]. *Contiki* представляет собой облегченную ОС, типичная программа в ней требует всего 2 КБ ОЗУ и 40 КБ ПЗУ [2], [9].

Как сама ОС *Contiki*, так и программы под нее реализованы на языке С, что в сочетании с лицензией 3-clause BSD[3], открывает широкие возможности для разработчиков.

Главное же преимущество ОС *Contiki* заключается в том, что все процессы в системе пользуются одним стеком, что позволяет экономить память маломощных устройств [2].

[1] www.contiki-os.org/hardware.html
[2] www.sics.se/
[3] opensource.org/licenses/BSD-3-Clause

1.1.Основные характеристики ОС Contiki

1.Большинство ОС для встроенных систем требуют построения и загрузки образа всей системы в каждое устройство. Образ включает в себя саму ОС, системные библиотеки и приложения, работающие на верхнем уровне системы. В отличие от других, ОС *Contiki* позволяет загружать и выгружать отдельные приложения или службы во время выполнения [2]. Работающие приложения гораздо меньше по размеру, чем образ.

2.Типичные ОС для устройств БСС реализуют либо событийно-управляемую модель программирования (event driven programming), либо многопоточную модель программирования (multithreaded programming) [9]. В первых процессы реализуются в качестве обработчика событий и могут использовать один и тот же стек памяти, что приводит к уменьшению требований к ее объему. Во вторых производительность выше, но требуется большая память, т.к. каждый поток должен иметь свой собственный стек.

ОС *Contiki* использует гибридную модель, в которой многопоточность реализована в виде библиотеки, связанной с явно вызывающей ее программой. Здесь фигурируют протопотоки [10], занимающие всего 2 байта и не требующие отдельного стека. Протопотоки написаны на языке С, а, значит, не нуждаются в архитектурно-специфичном коде сборки.

1.2.Архитектура ОС Contiki

Система, работающая под управлением ОС *Contiki*, состоят из ядра, библиотек, загрузчика программы и множества процессов [2]. Процесс представляет собой либо прикладную программу, либо сервис. Сервис- это процесс, реализующий функциональность, которая может быть использована другими процессами или прикладными программами. В качестве примеров сервисов в *Contiki* можно привести стеки протоколов связи, драйверы для датчиков или алгоритмы обработки данных датчиков.

1.3.Сетевой стек Contiki

ОС *Contiki* поддерживает три коммуникационных стека:

1. Rime-стек

Rime-стек представляет собой облегченный стек протоколов связи для БСС [11]. Его характеризуют относительно простые уровни и маленькие, несколько байт, длины протокольных заголовков.

2. uIP-стек

uIP-стек (microIP) предназначен для небольших 8-бит микроконтроллеров и реализован на языке C [12]. uIP-стек поддерживает протоколы TCP, UDP, ICMP, IP и другие. *Contiki* и uIP-стек широко используются во всем мире стами проектов и компаний [13].

3. uIPv6-стек

uIPv6-стек частично разработан институтом SICS [9]. Он поддерживает использование IPv6 с протоколом 6LoWPAN [13] и протокола RPL, представляющего собой протокол IPv6 маршрутизации в маломощных БСС [14]. Реализацией протокола 6lowpan в *Contiki* является «sicslowpan.c» [7]. *Contiki* поддерживает реализацию протокола RPL под именем Contiki RPL. Эта реализация написана на языке C с использованием API-интерфейса ОС *Contiki* [15]. *Contiki* также поддерживает реализацию ряда протоколов IoT, в том числе, MQTT, COAP и др.

2.Симулятор Cooja

Основной целью *Cooja* является симуляция поведения ОС *Contiki* [16], позволяющая разработчику протестировать свой код до внедрения. Симулятор *Cooja* поддерживает различные аппаратные платформы, предоставляя широкие возможности по моделированию сетевых протоколов и исследованию их производительности.

Программы симуляции в *Cooja* написаны с использованием платформо-независимого языка Java, а необходимая расширяемость достигнута за счет плагинов и интерфейсов. Плагины являются независимыми программами, которые добавляют новые функции в *Cooja*, а интерфейсы определяют характеристики узла.

Использованные в *Cooja* эмуляторы представляют собой два ных пакета программного обеспечения, реализующих функции IoT-узлов: Avrora [17] для эмуляции микроконтроллеров Atmel AVR-устройств и MSPSim [18] для эмуляции TI MSP430-устройств.

Симулятор *Cooja* может работать на разных уровнях, что позволяет называть его кросс-уровневым [16]. Эти уровни представляют собой: сетевой уровень; уровень операционной системы; уровень инструкции машинного кода.

3.Проведение эксперимента в Cooja

Для проведения экспериментов использовалась открытая среда *Instant Contiki*[4]3.0, содержащая все необходимые инструменты, и симулятор для разработки и отладки. Эта среда была развернута на виртуальной машине с ОС Ubuntu посредством VMware-player.

[4] http://www.contiki-os.org/start.html

3.1.Сценарий эксперимента

Цель эксперимента состояла в симуляции в *Cooja* сегмента БСС. Этот сегмент состоит из двух узлов Tmote Sky [19] на базе микроконтроллера MSP430. Один узел работает в качестве отправителя, который посылает сообщения получателю в режиме одноадресной рассылки (unicast). Другой узел работает в качестве получателя. Посылаемые сообщения включают значение температуры, полученные из добавленного к узлу Tmote Sky датчика SHT11 [20].

Характеристики использованных в эксперименте протоколов и узлов приведены в табл. 2, 3.

Таблица 2.Стек протоколов экспериментальной сети

Транспортный уровень	UDP
Сетевой уровень	IPV6-RPL-6LoWPAN
MAC уровень	CSMA
Radio duty cycling(RDC)	contikimac

Таблица 3.Характеристики узлов Tmote Sky

Микроконтроллер	MSP430 F1611 (тактовая частота 8 МГц, 4 МГц в Cooja) [23]
ОЗУ	10 КБ
Флэш-память	48 КБ
Приемопередатчик	CC2420 (250 Кбит/с, 2.4 ГГц, IEEE 802.15.4)[5]
Датчики	Интегрированные датчики влажности, температуры (SHT11) и датчик света
CPU	16 бит

В имеющиеся в *Contiki* программные реализации (unicast-receiver.c, unicast-sender.c) был добавлен следующий код для включения в посылаемые сообщения значений температуры от добавленного датчика SHT11:

```
#include "dev/sht11/sht11-sensor.h"
…..
static int get_temp(void)
{return ((sht11_sensor.value (SHT11_SENSOR_TEMP)/10)-396)/10;}
…..
SENSORS_ACTIVATE(sht11_sensor);
Sprint (buf, "Message %d, Temperature:%i", message_number,
get_temp());
```

[5] www.chipcon.com

Параметры симуляции экспериментальной сети в *Cooja* приведены в табл.4.

Таблица 4. Параметры симуляции экспериментальной сети

Параметр	Значение
Среда разработки	Instant Contiki 3.0
Компилятор	msp430-gcc версия (4.7.0)
Количество и тип узлов	2-Sky mote
Модель радио	UDGM (Unit Disk Graph Medium)
Дальность передачи узла, м	50
Время симуляции, мин	9
Период передачи сообщений о температуре отправителем, сек	60
Размер полезных данных, байт	31
Коэффициент TX	100%
Коэффициент RX	100%

3.2.Измерение энергопотребления

Потребление энергии является основным фактором, определяющим продолжительность работы БСС. Поэтому первая фаза эксперимента состояла в тестировании программных реализаций для узлов в Cooja (файлы «unicast-receiver.c», «unicast-sender.c») по потребляемой энергии.

Для оценки потребляемой IoT-узлом энергии в *Contiki* используется программно реализованный механизм энергетической оценки по линейной модели [21,22].

$$\frac{E}{V} = \mathbf{I_m t_m} + \mathbf{I_l t_l} + \mathbf{I_t t_t} + \mathbf{I_r t_r} + \sum_i \mathbf{I_{c_i} t_{c_i}} \qquad \textbf{(1)}$$

Где:

E-- Потребление энергии одного узла;

V-- Напряжение питания;

$\mathbf{I_m}$--Потребление тока микропроцессора при работе в активном режиме CPU (High Power Mode);

$\mathbf{t_m}$--Интервал времени работы микропроцессора в активном режиме CPU;

$\mathbf{I_l}, \mathbf{t_l}$--Ток и время работы микропроцессора в режиме низкого энергопотребления (Low Power Mode, LPM);

$\mathbf{I_t}, \mathbf{t_t}$--Ток и время работы устройства связи в режиме передачи TX;

$\mathbf{I_r t_r}$-- Ток и время работы устройства связи в режиме приема RX;

$\mathbf{I_{c_i} t_{c_i}}$--Ток и время работы других компонент узла, таких как датчики и LEDs.

Согласно (1) потребление энергии узла является суммой потреблений при выполнении им разных режимов (CPU- LPM- TX- RX) и суммой

потреблений других компонент узла (LEDs, датчики). В эксперименте ограничимся только первой из этих сумм.

Согласно (1) измерение потребляемой IoT-узлом энергии зависит от измерения интервалов времени, в которых компоненты узла находились в характерных режимах: микропроцессор в режиме CPU или LPM, а устройство связи в режиме TX или RX.

Реализация программного механизма оценки энергии осуществляется посредством инструмента *Contiki* «Powertrace». Для измерения потребления энергии узлов каждые 30 секунд в программы «unicast-receiver.c», «unicast-sender.c» был добавлен код:

```
#include "powertrace.h"
…..
powertrace_start (CLOCK_SECOND * 30);
```

Для измерения интервалов времени работы в разных режимах используется таймер микропроцессора (on-chip timer), где «Powertrace» показывает каждые 30 секунд число тиков таймера для каждого режима.

В соответствии со значениями числа тиков таймера потребление энергии в различных режимах в интервале 30 секунд определяется по соотношению (2).

$$\text{Power (mw)} = \frac{(\text{Energest_value}) * V * I}{\text{runtime} * \text{RTIMER_SECOND}} \quad (2)$$

Где:

Energest_value – разница между числом тиков таймера в конце и в начале временных интервалах измерений потребления энергии (например, Energest_CPU представляет собой разницу между числом тиков в интервале (t-30; t), $t \geq$ runtime);

V – напряжение питания (в нашем случае около 3 В);

I – потребление тока в соответствующем режиме;

Runtime – интервал времени измерений, 30 сек;

RTIMER_SECOND – число тиков таймера микропроцессора в секунду (в нашем случае, число тиков таймера микропроцессора MSP430 равно (32768 Гц) [19]).

Значения токов в (2) взяты из спецификации узлов Tmote Sky [19], и приведены в табл.5.

Таблица 5. Значения потребления токов

Устройство	Режим работы	Потребление тока, мА
CC2420	Режим передачи (TX)	19,5
	Режим приема (RX)	21,8
MSP430 F1611	Активный режим (CPU)	1,8
	Режиме низкого энергопотребления (LPM)	0,0545

4. Результаты

Первая фаза эксперимента – оценка потребляемой IoT-узлом (отправителем/получателем) энергии каждые 30 сек. в разных режимах работы (CPU- LPM- TX- RX) при периоде передачи сообщений о температуре узлом-отправителем каждые 60 сек. На Рис.1, 2 приведены графики энергопотребления отправителя и получателя для режимов работы (CPU- LPM- TX- RX).

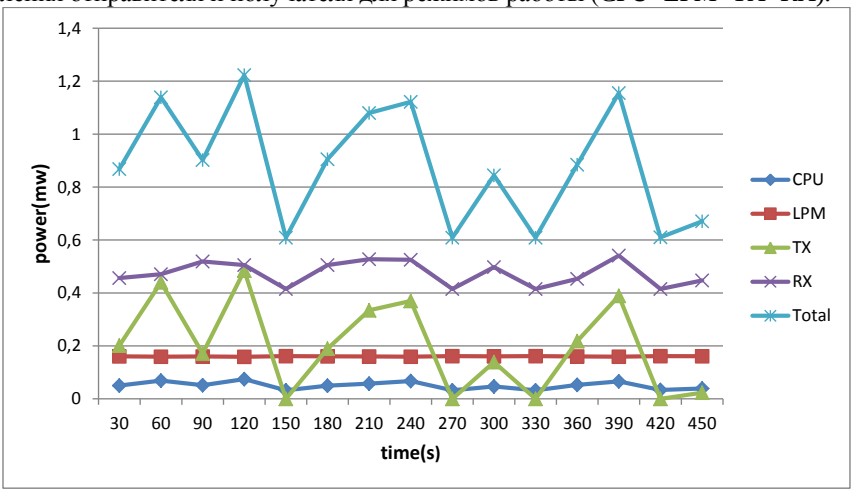


Рис.1. Потребление энергии (Power - mW) для отправителя

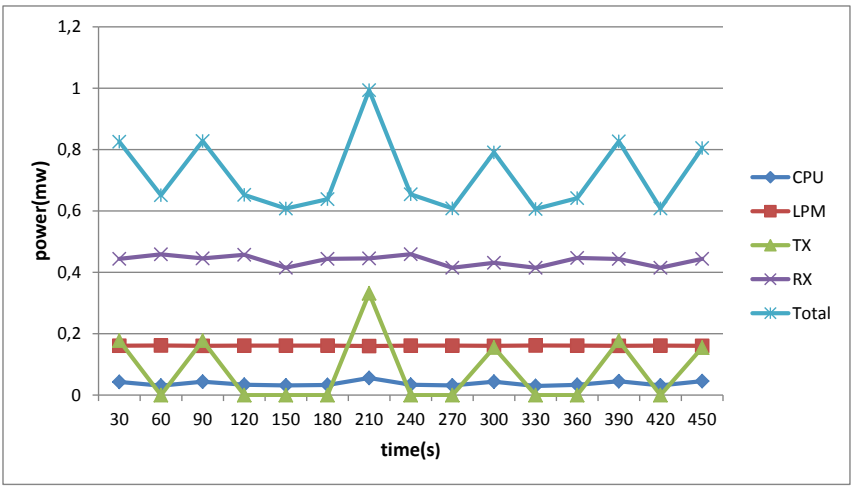


Рис.2. Потребление энергии (Power - mW) для получателя

В течении времени симуляции среднее энергопотребление отправителя больше, чем получателя в режимах (CPU- TX- RX), а в режиме (LPM) равные, Рис.3.

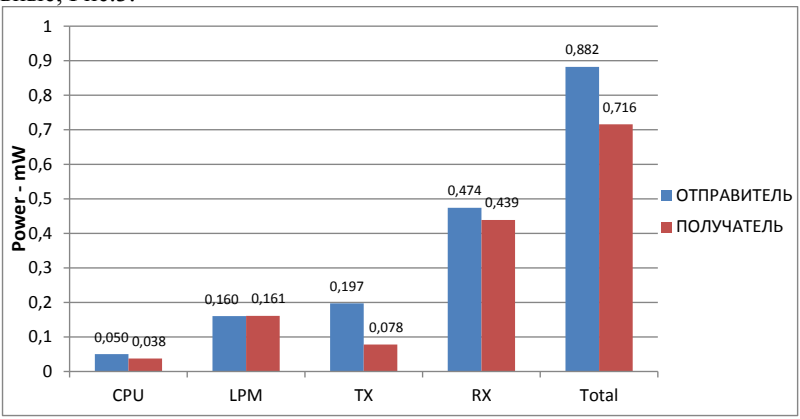


Рис.3. Среднее энергопотребление для отправителя и получателя в разных режимах

Наконец, рис.3 позволяет оценить среднее общее энергопотребление (Total) всей системы из двух узлов (отправитель и получатель). Как видно, среднее общее энергопотребление для отправителя больше, чем для получателя на 18,82%.

Применение открытых ОС для IoT-устройств открывает широкие возможности для разработчиков. Среди них особый интерес представляет ОС *Contiki*, сочетающая развитые средства сетевых коммуникаций с минимальными требованиями к памяти устройств БСС. Как ожидается, она будет одной из основных ОС для построения БСС большого масштаба. Для изучения поведения ОС *Contiki* используется ее симулятор *Cooja*, позволяющий разработчику протестировать свой код до внедрения. Симулятор *Cooja* поддерживает различные аппаратные платформы, предоставляя широкие возможности по моделированию сетевых протоколов и исследованию их производительности. Энергопотребление является одним из важных факторов успешного внедрения систем на основе БСС. ОС *Contiki* предоставляет удобный программный способ для получения ряда оценок энергопотребления узлов БСС в различных режимах.

Этот способ реализуется путем добавления соответствующего программного кода в существующие программы *Contiki*, что обеспечивает гибкость и ускорение процессов исследования и разработки новых решений.

Библиографический список

1. Рекомендации ITU-T Y.2060 ,15.06.2012 г. [Электронный ре-

сурс], URL: http://www.itu.int/rec/T-REC-Y.2060-201206-I (дата обращения: 04.05.2017).

2. A. Dunkels, B. Gronvall and T. Voigt, "*Contiki - a lightweight and flexible operating system for tiny networked sensors*", Local Computer Networks, 2004. 29th Annual IEEE International Conference On, 2004, pp. 455-462.

3. A. Al Fuqaha, M. Guizani, M. Mohammadi, M. Aledhari, M. Ayyash, "*Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols and Applications*", IEEE Communications Surveys & Tutorials, 2015.

4. P. Levis, S. Madden, J. Polastre, R. Szewczyk, K. Whitehouse, A. Woo, D. Gay, J. Hill, M. Welsh, E. Brewer and D. Culler, "*TinyOS: An operating system for sensor networks*", Ambient Intelligence Anonymous Springer, 2005, pp. 115-148.

5. Q. Cao, T. Abdelzaher, J. Stankovic and T. He, "*The LiteOS operating system: Towards unix-like abstractions for wireless sensor networks*", Information Processing in Sensor Networks, 2008. IPSN '08. International Conference On, 2008, pp. 233-244.

6. E. Baccelli, O. Hahm, M. G nes, M. W hlisch and T. C. Schmidt, "*RIOT OS: Towards an OS for the internet of things*", Computer Communications Workshops (INFOCOM WKSHPS), 2013 IEEE Conference On, 2013, pp. 79-80.

7. [Электронный ресурс], URL: http://www.eistec.se/docs/contiki/ (дата обращения: 04.05.2017).

8. [Электронный ресурс], URL: http://contiki-os.blogspot.ru/ (дата обращения: 04.05.2017).

9. M. O. Farooq, T. Kunz, "*Operating Systems for Wireless Sensor Network: A Survey*", Sensors, 2011, Vol.11, pp. 5900-5930, ISSN 1424- 8220.

10. A. Dunkels, O. Schmidt, T. Voigt, and M. Ali, "*Protothreads: simplifying event-driven programming of memory-constrained embedded systems*", Proceedings of the 4th international conference on Embedded networked sensor systems (SenSys '06). ACM, 2006.

11. A. Dunkels,"*Poster Abstract: Rime— A Lightweight Layered Communication Stack for Sensor Networks*", Proceedings of EWSN, Delft, The Netherlands, 2007.

12. [Электронный ресурс],URL: https://github.com/adamdunkels/uip (дата обращения: 04.05.2017).

13. Z. Shelby, C. Bormann, 6LoWPAN: The Wireless Embedded Internet. John Wiley & Sons Ltd. 2009. 245 c.

14. T. Winter, P. Thubert, "*RPL: Ipv6 Routing Protocol for Low Power and Lossy Networks*", Draft-ietf-roll-rpl-11.

15. N. Tsiftes, J. Eriksson, A. Dunkels, "*Low-Power Wireless Ipv6 Routing with Contiki RPL*", Proceedings of ACM/IEEE IPSN, Stockholm, Sweden, 12–16 April 2010.

16. F. Osterlind, A. Dunkels, J. Eriksson, N. Finne, T. Voigt, "*Cross Level Sensor Network Simulation with Cooja*", Proceedings of the 31st IEEE Conference on Local Computer Networks (LCN), Tampa, FL, USA, 14–16 November 2006.

17. B. L. Titzer, D. Lee, and J. Palsberg, Avrora: "*Scalable Sensor Network Simulation with Precise Timing*", In Proceedings of the 4th International Symposium on Information Processing in Sensor Networks, IPSN '05. IEEE Press, 2005. Article no. 67.

18. J. Eriksson, F. O¨ sterlind, N. Finne, N. Tsiftes, A. Dunkels, T. Voigt, R. Sauter, and J. Marr´on, "*COOJA/MSPSim: Interoperability Testing for Wireless Sensor Networks*", Proceedings of the 2nd International Conference on Simulation Tools and Techniques, Simutools '09, pages 27:1–27:7. ICST, March 2009.

19. Tmote Sky-Ultra low power IEEE 802.15.4 compliant wireless sensor module. [Online].Available: http://www.eecs.harvard.edu/~konrad/projects/shimmer/references /tmote-sky-datasheet. pdf (Access Date: 04.05.2017).

20. Datasheet SHT1x Humidity and Temperature Sensor. Available online: https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/SHT1x_datasheet.pdf (Access Date: 04.05.2017).

21. A. Dunkels, F. Osterlind, N. Tsiftes, and Z. He, "*Software-based on-line energy estimation for sensor nodes*", Proceedings of the Fourth Workshop on Embedded Networked Sensors (Emnets IV), Cork, Ireland,June 2007.

22. Dunkels, A., et al., "*Demo abstract: Software-based sensor node energy estimation*", Proceedings of the Fifth ACM Conference on Networked Embedded Sensor Systems (SenSys), 2007.

23. A. Velinov, A.Mileva, "*Running and Testing Applications for ki OS Using Cooja Simulator*", International Conference on Information Technology and Development of Education – ITRO 2016 June, Zrenjanin, Republic of Serbia.

MEASUREMENT OF ENERGY CONSUMPTION FOR IoT-MOTES IN COOJA SIMULATOR FOR CONTIKI OS

© S. G. Mayhoub

Moscow Technological University (MIREA), Moscow, Russia
e-mail: samarah.mai@gmail.com

Abstract. *Contiki* OS is an open source operating system for the Internet of Things (IoT) such as wireless sensor networks and networked embedded devices. The article describes the main properties of *Contiki* and the *Contiki* network simulator (*Cooja*).

The article presents the results of measurements of the power consumption for a simple network of two IoT-motes (Sky-mote) in *Cooja* simulator.

Keywords. Internet of things, Wireless Sensor Networks, OS *Contiki*, *Cooja* Simulator, Power consumption, Tmote sky, IEEE 802.15.4.

УДК 51.74

АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ СИСТЕМЫ ИНТЕГРАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ В БЫСТРОМ МЕТОДЕ МОМЕНТОВ

А.С. Ахматов, И.Б. Козловский, А.В. Шпак
Московский технологический университет, Москва, Россия
e-mail: ahmatovvv@gmail.com

Аннотация. Рассмотрен алгоритм быстрого метода моментов для симуляции электромагнитного поля. Показано, за счет чего происходит сокращение времени расчета системы интегральных уравнений. Описанный метод позволяет симулировать электромагнитное поле для решения широкого спектра радиотехнических задач.

Ключевые слова. Быстрый метод моментов, симуляция электромагнитного поля, сингулярное разложение, система интегральных уравнений.

Метод моментов (МоМ) – широко применяемая техника численной симуляции электромагнитного излучения и рассеяния. Его главный недостаток – ресурсоемкое составление, хранение и решение громоздкой системы линейных уравнений, привел к созданию быстрых алгоритмов, таких как AIM, MLFMA и Multilevel MDA. Большинство из этих алгоритмов основано на аппроксимированном, сжатом представлении матрицы системы линейных уравнений или матрицы импедансов, что требует гораздо меньше ресурсов для хранения и ускоряет преобразование матрицы в вектор.

Затем эти алгоритмы преобразования матрицы в вектор используются в итерационных методах (bi-conjugate gradient и generalized minimum residual). Эти алгоритмы значительно расширяют диапазон задач, в которых можно применить метод моментов. Раньше максимально допустимое количество неизвестных ограничивалось несколькими тысячами. Сейчас задачи с сотнями, тысячами и миллионами неизвестных поддаются расчету, требуется только соответствующее вычислительное оборудование.

Метод моментов описывается следующими соотношениями [1]:

$$AX = Y \tag{1}$$

$$X = \sum_{i=1}^{N} \alpha_i p_i \tag{2}$$

$$Y = \sum_{i=1}^{N} \alpha_i p_i \tag{3}$$

$$\sum_{i=1}^{N} \alpha_i < q_j, Ap_i > = < q_j, Y > \quad j = 1,2, \dots, N \tag{4}$$

$$\Longrightarrow ZX = Y \tag{5}$$

Может показаться, что прямое решение матрицы уравнений методом Гаусса или LU разложением устарело. Это не так по следующим причинам:

- Во первых, быстрые алгоритмы эффективны для электрически больших структур, в то время как прямое решение быстрее в задачах с малыми и средними размерами. Многое зависит от вычислительного оборудования и специфики задачи.
- Во вторых, итерационные методы решения матрицы уравнений приводят к решению линейной системы для единственного независимого вектора (вектора возбуждения) за один раз. Нагрузка на вычислительное оборудование пропорциональна количеству независимых векторов.
- Наконец, скорость сходимости итерационных методов может варьироваться случайным образом. Она связана с числом обусловленности матрицы, что, как известно, плохо сказывается на интегральном уравнении электрического поля в больших задачах.

Один из прямых методов решения линейной системы метода моментов – разложение на сжатые блоки [2]. Оно применимо почти к любым формулировкам метода моментов и значительно уменьшает затраты на хранение и вычисление относительно простого LU разложения. Метод основан на блочном сжатии матрицы импедансов по той же методике, что и в алгоритме матричного разложения (matrix decomposition algorithm, MDA). Затем сжатая матрица раскладывается, что позволяет сохранить исходную степень сжатия. Как и в алгоритме MDA, степень сжатия зависит от характеристик задачи.

Метод моментов также применим в составе алгоритма Монте Карло [3].

1. Быстрый метод моментов

Метод моментов часто эффективно применяется при подборе пассивных элементов в моделировании интегральных схем и разводке печатных плат. Существуют алгоритмы для ускорения решения систем интегральных уравнений, такие как: использование синусоидального базиса [4] и усовершенствованных интегральных формулировок [5]. Далее будет рассмотрен алгоритм быстрого метода моментов (fast method of moments solver, FMMS) [6], который позволяет значительно сократить время расчета. Алгоритм основан на том, что корни интегральных уравнений в определенных областях «однородны», что позволяет значительно уменьшить их количество благодаря сингулярному разложению (singular value decomposition, SVD). Это сильно ускоряет преобразование матрицы в вектор в итерационном алгоритме подпространства Крылова. Данный метод точен и работает в сто раз быстрее метода Гаусса и в десять раз быстрее стандартных итерационных методов.

Анализ и проектирование межсетевых соединений в высокоскоростных VLSI чипах и печатных платах стало важной задачей при разработке

схем и расчете их надежности. Строгая характеризация пассивных компонентов очень важна для первичных расчетов интегральных схем и печатных плат.

Каждый алгоритм быстрого решения системы уравнений метода моментов был разработан для решения конкретной задачи и основан на комбинировании интерполяции функции, определяющей элементы матрицы, и т.н. стратегии «разделяй и властвуй». Быстродействие этих алгоритмов можно описать функциями O (n) и O (n log n), где n – количество элементов матрицы.

К сожалению, эти алгоритмы были разработаны для работы с конкретными корнями интегральных уравнений, что делает их узкоспециализированными. Такие ситуации часто возникают при задачах электромагнитной симуляции методом моментов.

Известно, что сингулярное разложение чрезвычайно эффективно для сжатия матриц неполного порядка. Алгоритм состоит из двух этапов. Первый – этап предобработки, на котором матрица адаптивно преобразуется в подматрицы более низкого ранга по схеме «разделяй и властвуй». Благодаря применению локального сингулярного разложения, подматрицы сжимаются. Разреженная матрица, полученная в результате такого сжатия, сохраняется и может быть очень быстро преобразована в вектор. Если соединить этот метод с итерационной схемой, в результате получится быстрое решение интегрального уравнения. Издержки начальной предобработки компенсируются спустя какое-то число итераций.

2. Итерационное решение интегральных уравнений

Дискретизация интегрального уравнения методом моментов приводит к громоздкой системе линейных алгебраических уравнений. Однако, такие системы почти всегда имеют асимптотически ограниченное число обусловленности. Следовательно, для получения решения часто используются итеративные схемы: сопряженный градиент для положительно определенной системы и сопряженный остаток для несимметричной системы. Итерационное решение интегральных уравнений включает в себя применение интегрального матричного оператора к последовательности рекурсивно генерируемых правосторонних векторов. Приложение матрицы к вектору – это операция вида O (n^2), где n – число узловых точек дискретизации. Цена такой операции зачастую может быть чрезвычайно высокой, особенно, если итераций много. Далее применяется алгоритм преобразования этих матриц в случайные векторы «быстрым» способом, то есть при количестве узловых точек дискретизации менее n^2. Этот алгоритм быстрого метода моментов (FMMS) является комбинацией итерационного алгоритма подпространства Крылова и основанной на сингулярном разложении процедуры для быстрого перемножения матриц метода моментов.

3. Применение сингулярного разложения для быстрого перемножения матриц

Аппроксимация матрицы через сингулярное разложение основано на следующей теореме.

Любая матрица A размером $N \times N$ может быть записана в виде произведения ортогональной матрицы U размером $N \times N$, диагональной матрицы S размером $N \times N$ с положительными или нулевыми элементами (сингулярными числами) и транспонированной ортогональной матрицы V размером $N \times N$

$$A = USV^T, \tag{6}$$

где

$$UU^T = VV^T = I, \tag{7}$$

где I – единичная матрица размером $N \times N$.

Предположим, что сингулярные числа $S = \mathrm{diag}\,(s_1 \ldots s_N)$ отсортированы по убыванию. Тогда такое разложение будет уникальным. Ранг матрицы с точностью до ς определен как такое целое число r, чтобы выполнялось неравенство:

$$s_r / s_1 < \varsigma. \tag{8}$$

Очевидно, что матрица A ранга r и размером N x N может быть аппроксимирована в виде суммы членов U и строк V^T с сингулярными числами s_k в качестве весовых коэффициентов:

$$\bar{A}_{ij} = \sum_{k=1}^{r} s_k U_{ik} V_{jk}, \qquad \left|\left|A - \bar{A}\right|\right|_2 < \varsigma \tag{9}$$

Матрицей неполного порядка называется матрица, чей порядок намного меньше ее размерности (r << N). Из предыдущего пункта следует, что матрица неполного порядка будет хорошо аппроксимироваться несколькими столбцами U и V. Более важно то, что при заданном сингулярном разложении матрицы неполного порядка можно очень быстро умножить эту матрицу на вектор x: просто умножая члены x на каждый столбец V, затем скалярно умножая результат на соответствующее сингулярное число s_k и записывая это произведение в соответствующий столбец U. Например, матрицу A порядка r можно умножить на вектор за $2Nr$ операций вместо N^2.

Интегральный матричный оператор, возникающий в методе моментов, конечно, не низкого порядка, но он может быть разделен на подматрицы более низкого порядка.

Быстрое ортогональное разложение матриц неполного порядка основано на алгоритме слияния матриц и иллюстрируется рисунком 1.

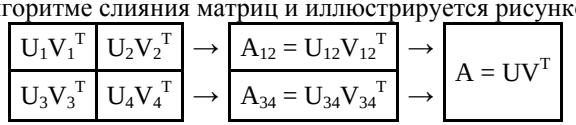


Рис. 1. Слияние матриц

Чтобы разделить матрицу на прогрессивно уменьшающиеся части, ис-

пользуется сетчатая иерархия. На эту иерархию накладывается древовидная структура, чтобы в итоге получилось четыре подматрицы путем бисекции основной матрицы. Алгоритм состоит из двух стадий. На первой стадии формируются подходящие UV разложения подматриц способом снизу вверх, т.е. сначала вычисляются UV разложения листьев дерева. Во время слияния UV разложение получается из ортогонального разложения подматриц. На второй стадии происходит преобразование прореженной матрицы в вектор.

Библиографический список

1. Sadasiva M. Rao. Electromagnetic Scattering from Arbitrary Bodies Using Rao-Wilton-Glisson (RWG) Functions. – Code # 5314. Radar Division. Naval Research Laboratory. Washington D.C. 20375 (USA).

2. Alex Heldring, Juan. M. Rius, Jose Maria Tamayo, Josep Parron, Eduard Ubeda. Fast Direct Solution of Method of Moments Linear System. - IEEE transactions on antennas and propagation, vol. 55, no. 11, November 2007. – 9 pages.

3. Andrew Gelman. Method of Moments Using Monte Carlo Simulation. Journal of Computational and Graphical Statistics, Volume 4, Number 1, 1995. - Pages 36 – 54.

4. Hisamatsu Nakano, Toru Kawano, Yousuke Kozono, Jumji Yamauchi. A Fast MoM Calculation Technique Using Sinusoidal Basis and Testing Functions for a Wire on a Dielectric Substrate and Its Application to Meander Loop and Grid Array Antennas. - IEEE transactions on antennas and propagation, vol. 53, no. 10, October 2005. – 8 pages.

5. Johannes Tausch, Junfeng Wang, Jacob White. Improved Integral Formulations for Fast 3-D Method-of-Moments Solvers. IEEE transactions on computer-aided design of integrated circuits and systems, vol. 20, mo. 12, December 2001. – 8 pages.

6. Sharad Kapur, Jinsong Zhao. A Fast Method of Moments Solver For Efficient Parameter Extraction Of MCMs. Conference Paper, July 1997. – 7 pages.

THE ALGORITHM OF SOLVING AN INTEGRAL EQUATIONS SYSTEM FOR FAST METHOD OF MOMENTS

A.S. Ahmatov, I.B. Kozlovsky
Moscow Technological University, Moscow, Russia
e-mail: ahmatovvv@gmail.com

Abstract. The Fast Method of Moments algorithm for the electromagnetic field simulation is considered. It is shown what can accelerate solving an integral equations system. The described method allows to simulate the electromagnetic field for solving a wide range of radiotechnical problems.

Keywords. Fast Method of Moments, the electromagnetic field simulation, a singular value decomposition, an integral equations system.

УДК 621.37

РАСЧЕТ ПОЛНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ МЕТОДОМ НАВОДИМЫХ ЭЛЕКТРОДВИЖУЩИХ СИЛ

Маджа Н.Ф., Шпак А.В., Малофеев А.В.

Московский технологический университет, Москва, Россия
e-mail: madjarnik@gmail.com

Аннотация. В данной статье рассматривается метод наводимых электродвижущих сил. Данный метод применяется для расчетов сопротивлений вибраторных антенн. Рассматривается возможность применения данного метода для расчетов сопротивлений микрополосковых излучателей.

Ключевые слова. Метод наводимых ЭДС, вибраторная антенна, микрополосковый излучатель.

При проектировании вибраторных антенн возникает необходимость определения собственных и взаимных сопротивлений отдельных вибраторов. В особенности это касается антенн с пассивными вибраторами. Данная задача решается методом наводимых электродвижущих сил (ЭДС), который позволяет определить амплитуды и фазы токов в пассивных вибраторах, влияние пассивных вибраторов на сопротивление излучения активных вибраторов.

Выражение для расчета сопротивлений получается из соотношения полной мощности, расходуемой генератором первого вибратора на создание в окружающем пространстве электромагнитного поля, тангенциальная составляющая напряженности электрического поля которого компенсирует на всей поверхности вибратора тангенциальную составляющую напряженности электрического поля, создаваемого током второго вибратора

$$P_{12} = -\frac{1}{2}\int_{-l}^{l} E_{z12} I_{z1}^{*} dz \qquad (1)$$

Мощность, отдаваемая генератором первого вибратора под действием поля второго вибратора, определяется током в пучности первого вибратора, значит и сопротивление будет соответствовать сечению пучности тока [1].

Собственные и взаимные сопротивления двух связанных вибраторов определяются через соотношения [1, 2]:

$$Z_{11} = -\frac{1}{|I_1|^2}\int_{-l}^{l} E_{z11} I_{z1}^{*} dz \qquad (2)$$

$$Z_{12} = -\frac{1}{I_1^{*} \cdot I_2}\int_{-l}^{l} E_{z12} I_{z1}^{*} dz \qquad (3)$$

где Z_{11} – собственное сопротивление

Z_{12} – сопротивление, наводимое вторым вибратором на первом

$I_{1,2}$ – входные токи, которые определяются из условия баланса мощностей:

$$\begin{cases} U_1 = I_1 Z_{11} + I_2 Z_{12} = \varepsilon_1 - I_1 Z_{н1} \\ U_2 = I_1 Z_{21} + I_2 Z_{22} = \varepsilon_2 - I_2 Z_{н2} \end{cases} \quad (4)$$

в котором $U_{1,2}$ – напряжения, приложенные к каждому из вибраторов

ε_1, ε_2 – ЭДС генераторов

$Z_{н1}$, $Z_{н2}$ – внутренние сопротивления генераторов (в пассивном вибраторе $\varepsilon = 0$, $U = 0$, $Z_н$ – сопротивление нагрузки)

E_{z11} и E_{z12} – продольные составляющие напряженности электрического поля, создаваемые токами либо первого, либо второго вибратора у поверхности первого $I_{z1,2}$ – распределение тока вдоль вибраторов

$$I_{z1,2}(z) = I_{1,2} \frac{\left|\sin(k_0 l_{1,2} - |z|)\right|}{\sin(k_0 l_{1,2})} \quad (5)$$

l – длина вибратора.

Достоинством данного метода является то, что небольшие ошибки в задании закона распределения тока приводят к значительно меньшим ошибкам во взаимных и собственных сопротивлениях. Это не означает, что при больших отклонениях от истинных значений распределений токов, ошибки определения сопротивлений останутся малыми. Лучше всего в качестве распределений токов использовать функции не слишком отличающиеся от истинных [1 – 3].

Из-за достоинств данного метода возникла идея применения для расчетов сопротивлений не только резонансных вибраторов, но также для расчетов полосковых антенн. Т.к. полосковые антенны также являются резонансными, то распределение тока на излучателе также можно принять как синусоидальное.

Согласно [4], взаимные сопротивления между двумя полосковыми излучателями можно определить по формуле:

$$Z_{вз} = -j \frac{2\rho_0 k_0^2}{\pi^2 \sin(k_0 l)} \iint_{-\infty}^{\infty} \left(\frac{\sin(\varkappa_2 b)}{x_2 b}\right)^2 \times \left(\frac{cos(\varkappa_1 l) - cos(k_0 l)}{k_0^2 - x_1^2}\right)^2 \times$$

$$\times \left(\frac{\varkappa_1^2 \gamma^2 \varepsilon_r}{\varepsilon_r \gamma + \gamma_1 + \text{th}(\square\gamma_1)} - \frac{\varkappa_2^2 k_0^2}{\gamma + \gamma_1 c\text{th}(\square\gamma_1)}\right) \frac{e^{-j\varkappa_2 d}}{(x_1^2 + x_2^2)} d\varkappa_1 d\varkappa_2 \quad (6)$$

где $2l$ – длина элемента; $2b$ – его ширина;

$$\gamma = \sqrt{x_1^2 + x_2^2 - k_0^2}; \quad \gamma_1 = \sqrt{x_1^2 + x_2^2 - k_1^2};$$

$k_1 = k_0\sqrt{\varepsilon_r}$ – постоянная распространения в подложке с диэлектрической проницаемостью ε_r;

k_0 – постоянная распространения;

d – расстояние между излучателями;
ρ_0 – волновое сопротивление свободного пространства;
Считается, что ток задан в виде

$$I_z = I_0 \frac{1}{2b} I(x) I(y) \delta(z-0), \tag{7}$$

$$I(x) = \frac{\sin(k_0(l-|x|))}{\sin(k_0 l)}, \qquad -l \le x \le l, \tag{8}$$

где *I(y)=1,*
d - b $\le y \le$ *b +b.*

Толщина проводника не учитывается. Выражение учитывает возникновение волн типа *H* и *E*. Толщина подложки *h* и относительная диэлектрическая проницаемость ε_r определяют число поверхностных волн.

Данный метод позволяет рассчитать взаимное сопротивление между двумя параллельными микрополосками

Уменьшая расстояние *d* можно перейти к одному уединенному широкому излучающему элементу, который можно рассматривать как два вибратора, расположенных на сторонах *L* (сверху и снизу), это объясняется тем, что токи в микрополосковых конструкциях текут в основном по их кромкам. На кромках сверху и снизу тангенциальные составляющие синфазны и излучают в поперечном направлении [5].

Рассматриваемые два вибратора показаны на рис.2.

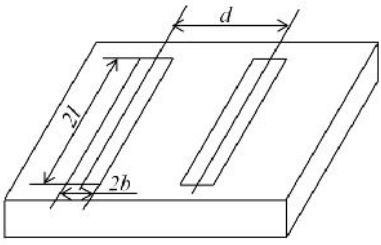


Рис.1. Взаимное расположение излучателей.

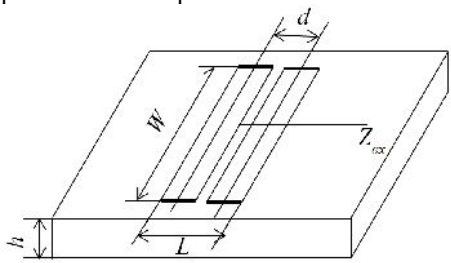


Рис.2. Взаимное расположение виртуальных вибраторов.

Дальнейший расчет сводится к определению взаимных сопротивлений по формуле (6), а также входного сопротивления по методу длинных линий

$$Z_{\text{вх}} = Z_0 \frac{Z_{\text{н}} + iZ_0 \text{tg}(k_0 l)}{Z_c + iZ_0 \text{tg}(k_0 l)}, \tag{9}$$

где $Z_н$ – сопротивление нагрузки
Z_0 – характеристическое сопротивление

$$Z_0 = \frac{300}{\left(1 + \frac{W}{Z_н}\right)\sqrt{\varepsilon_r}}. \quad (10)$$

Посчитав сопротивление обоих виртуальных вибраторов в точке, находящейся в центре излучателя, можно получить входное сопротивление антенны в данной точке как сопротивление параллельно соединенных двух вибраторов.

Данный метод показывает отличные результаты при расчете взаимных сопротивлений полуволновых резонансных вибраторов, когда распределение тока не зависит от места включения генератора и характера распределения возбуждающей ЭДС. Кроме классического применения данного метода для расчетов сопротивлений вибраторных антенн, его также можно использовать для расчетов сопротивлений как одиночных микрополосковых излучателей, так и для излучателей входящих в состав антенной решетки.

Библиографический список

1. Лавров Г.А. Взаимное влияние линейных вибраторных антенн. -М.: Связь, 1975. – 128 С.

2. Айзенберг Г.З., Белоусов С.П., Журбенко Э.М. и др. Коротковолновые антенны. -М.: Радио и связь, 1985. – 536 С.

3. Звездина М.Ю., Шокова Ю.А. Моделирование характеристик направленности и согласования антенн: Лабораторный практикум. М.: Издательский дом Академии Естествознания, 2016. – 90 С.

4. Веселов Г.И., Егоров Е.Н., Алехин Ю.Н. и др. Микроэлектронные устройства СВЧ. -М.: Высш. шк., 1988. – 280 С.

5. Литвинов Д.А., Давыдова Т.И. Расчет входного импеданса широкого полоскового излучателя методом наводимых электродвижущих сил // «Автоматизация процессов управления», рубрика «Телекоммуникационные системы и компьютерные сети», выпуск 1. -Ульяновск.: 2012, С 71-74.

CALCULATION FOR FULL INPUT IMPEDANCE BY INDUCED EMF METHOD

N.F. Madjar, A.V. Shpak, A.V. Malofeev

Moscow Technological University, Moscow, Russia
e-mail: madjarnik@gmail.com

Abstract. The article describes the induced EMF method. This method is used for calculations full input impedance of dipole antenna. The possibility of using this method for patch antennas is considered.

Keywords. Induced EMF method, dipole antenna, patch antenna.

СЕКЦИЯ № 4
РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ И РАДИОНАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

УДК 621.396.967

СПОСОБ ОБРАБОТКИ СИГНАЛА НЕЛИНЕЙНОГО РАДИОЧАСТОТНОГО МАРКЕРА

© Е.С. Беспалов, Е.А. Пичугина
Московский технологический университет, Москва, Россия
e-mail: bespalov@mirea.ru, pichuginaea@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается алгоритм обработки сигнала пассивного радиочастотного маркера, идентифицируемой меткой которого служит параметр характеристики используемого в маркере радиоэлектронного элемента.

Ключевые слова. Радиочастотная идентификация, нелинейный маркер, параметр параболы.

При решении задач радиочастотной идентификации (RFID) нашли широкое применение пассивные нелинейные радиочастотные маркеры. В маркерах подобного типа не используются источники питания, требующие регулярной зарядки или замены [1]. Отклик таких маркеров на электромагнитное облучение служит источником информации об облучённом объекте. Нелинейная радиочастотная идентификация предусматривает, в частности, анализ спектра сигнала, переизлучённого маркером. Наличие в переизлучённом маркером сигнале определённых гармонических составляющих спектра может служить идентифицируемым признаком объекта. Возможности идентификации могут быть расширены, если кроме указанного признака идентификации подлежат и данные о нелинейном элементе маркера.

Если электромагнитное облучение нелинейного маркера осуществляется моногармоническим (синусоидальным) колебанием, а нелинейный элемент обладает определённой вольт-амперной характеристикой, то параметр этой характеристики может быть использован в качестве идентифицируемого.

В том случае, когда синтезирована симметричная параболическая характеристика и разработан нелинейный элемент с такой характеристикой, для идентификации может быть использован алгоритм, опубликованный в [2].

В частности, для симметричной относительно оси ординат параболической вольт-амперной характеристики, используя результаты работы [2], можно получить следующий алгоритм расчёта параметра параболы – p=4:

$$p = 2\frac{(a_2 + 2 \cdot a_4)}{(a_2 - a_4)}, \quad (1)$$

где: a_2 – амплитуда составляющей спектра сигнала маркера с удвоенной частотой; a_4 – амплитуда составляющей с учетверённой частотой.

Для подтверждения возможности использовать представленный алгоритм при обработке колебания, переизлучаемого маркером, выполнен компьютерный эксперимент. Моделирование проведено в среде Simulink программной системы MatLab [3].

Модель стенда для исследования рассматриваемого способа обработки сигнала представлена на рис.1.

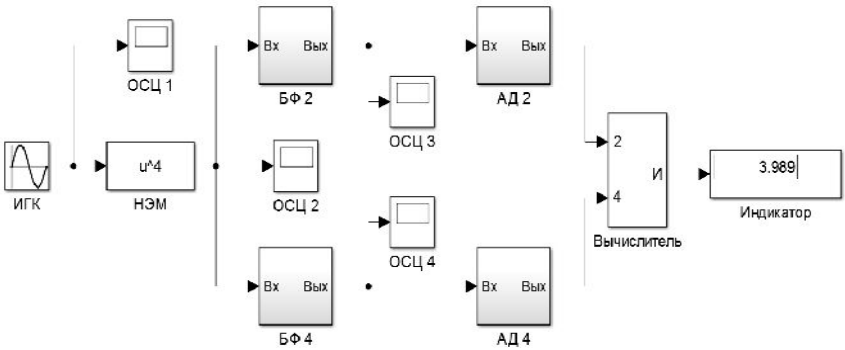
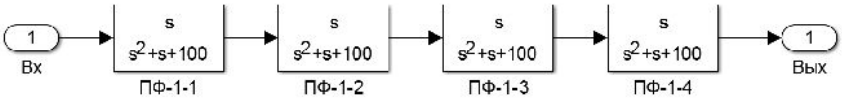


Рис.1. Модель стенда для исследования способа обработки сигнала.

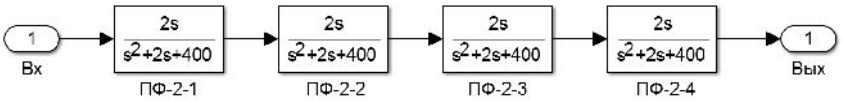
Здесь приняты следующие обозначения: ИГК – модель генератора гармонического облучающего колебания (блок Sine Wave из библиотеки Simulink); НЭМ – модель нелинейного элемента маркера (блок Fcn); ОСЦ 1 – ОСЦ 4 – модели осциллографов (блоки Scope); БФ 2 – модель блока фильтрации второй гармоники; БФ 4 – модель блока фильтрации четвёртой гармоники; АД 2 – модель амплитудного детектора, в котором формируется a_2; АД 4 – модель амплитудного детектора, в котором формируется a_4; индикатор (блок Display).

Структуры блоков фильтрации изображены на рис.2. Это - модели четырёхкаскадных полосовых фильтров (блоки Transfer Fcn), настроенных на вторую и четвёртую гармоники колебания ИГК, соответственно. Частота колебания ИГК была равна 5 рад/сек, а амплитуда выбрана единичной.

На рис.3 представлены структуры блоков детектирования, выполненных на основе моделей нелинейных элементов – НЭ (блоки Saturation с параметрами: Lower limit = 0; Upper limit = 3000) и моделей фильтров нижних частот – ФНЧ (блоки Transfer Fcn).

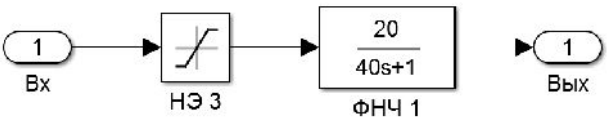


а)

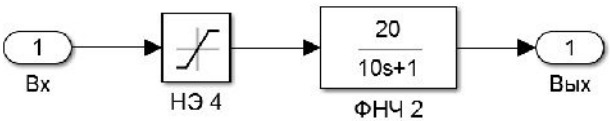


б)

Рис.2. Модели блоков фильтрации: а) БФ 2 и б) БФ 4.



а)



б)

Рис.3. Модели блоков амплитудных детекторов: а) АД 2 и б) АД 4.

На рис.4 изображена модель вычислителя параметра p – параметра параболической характеристики нелинейного элемента маркера. В состав этой модели входят: алгебраические сумматоры СУМ 1 и СУМ 2 (блоки Sum); усилители УС 1 и УС 2 (блоки Gain); блок деления ДЕЛ (блок Fcn); перемножитель (блок Product).

Структура и параметры блоков, входящих в состав модели вычислителя, соответствуют алгоритму расчёта (1).

Имитационный эксперимент выполнен при следующих параметрах времени имитации (Simulation Parameters): Start time = 0; Stop time = 300.

При описанных выше условиях относительная погрешность определения параметра параболической характеристики нелинейного элемента маркера не превосходила 0,3 %.

Таким образом, компьютерный эксперимент подтвердил возможность использования параметра нелинейной характеристики маркера в качестве идентифицируемого параметра.

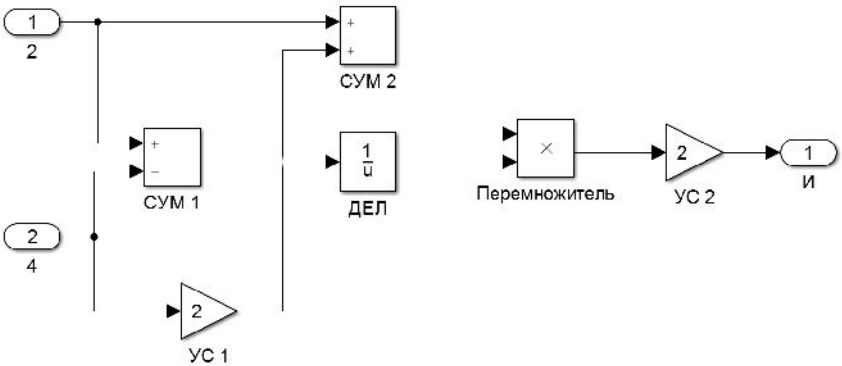


Рис.4. Модель вычислителя параметра характеристики нелинейного элемента маркера.

Библиографический список

1. Антонов А.В. Нелинейная радиочастотная идентификация в системах мониторинга. Сб. научных трудов II-ой международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и перспективы развития радиотехнических и инфокоммуникационных систем», Ч.1. – М.: МИРЭА, 2015. – С.289-291.

2. Беспалов Е.С., Меньщиков И.Л. Модель измерителя параметра симметричных параболических характеристик // Измерительная техника № 11, 2008. – С.61-63.

3. Дьяконов В.П. MatLab и Simulink для радиоинженеров. – М.: ДМК Пресс, 2016. – 976 С.

METHOD FOR PROCESSING A SIGNAL OF A NONLINEAR RADIO-FREQUENCY MARKER

© E.S. Bespalov, E.A. Pichugina
***Moscow Technological University, Moscow,* Russia**
e-mail: bespalov@mirea.ru, pichuginaea@mail.ru

Abstract. The article presents an algorithm to process a signal of a passive radio-frequency marker identified by a characteristic parameter of the radio-electronic element used in the marker.

Keywords. Radio-frequency identification, nonlinear marker, parameter of parabola.

УДК 004.62

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО СОЗДАНИЮ КОНСОЛИДИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ГЕОФИЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

© Ю.А. Полушковский[1], И.В. Суровцева[1], О.А. Алексеев[2]
[1]Московский технологический университет (МИРЭА), Москва, Россия
[2]АО «Российские космические системы», Москва, Россия
e-mail: polushkovskij@mirea.ru, surovceva@mirea.ru

Аннотация. Обоснована необходимость создания консолидированной системы геофизического мониторинга на базе различных технологий оперативной диагностики ионосферы с целью решения комплекса прикладных задач радиолокации и радионавигации. Предложена структура функционирования консолидированной системы и изучены ее свойства. В качестве источников данных геофизической информации рассмотрен мониторинг ионосферы по сигналам глобальных навигационных спутниковых систем, показаны результаты обработки сигналов от СДВ-радиопередатчиков и измерений бортовой научной аппаратуры космических аппаратов.

Ключевые слова. Геофизический мониторинг, оперативная диагностика ионосферы, навигационный космический аппарат, бортовая научная аппаратура, обработка данных, программный модуль, консолидированная система.

Актуальность создания консолидированной системы геофизического мониторинга, включающей технологии оперативной диагностики ионосферы, обусловлена необходимостью учета параметров среды при решении ряда прикладных задач, таких как обеспечение устойчивости радиосвязи по радиолиниям «земля-земля», «космос-земля», «космос-космос», повышение точности работы радиолокационных средств и приемников навигационного определения по сигналам глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) [1]. Кроме того, оперативная диагностика локальных ионосферных возмущений над сейсмоопасными регионами позволит своевременно выявить предикторы повышенной сейсмической активности [2].

Наряду с множеством известных способов диагностики ионосферы наземными и космическими средствами к настоящему времени не существует консолидированной системы оперативного геофизического мониторинга.

Консолидированный мониторинг предполагает комплексное использование различных средств мониторинга окружающей среды, которые необходимо рассматривать как разнородные источники геофизической информации. При этом консолидированная система геофизического мониторинга должна обладать следующими свойствами:

- осуществлять диагностику структурных элементов, входящих в уров-

невые блоки рис.1;

- результаты диагностики не должны оказывать существенного влияния на работу консолидированной системы;
- все собранные источниками параметры аккумулируются в единое консолидированное хранилище, имеющее технические возможности долгосрочного хранения данных;
- функционирование системы необходимо осуществлять в режиме реального времени: 24x7x365;
- потребитель должен иметь возможность запрашивать требуемую информацию с учетом его отраслевых интересов.

В общем виде структурная схема функционирования консолидированной системы представлена на рис.1.

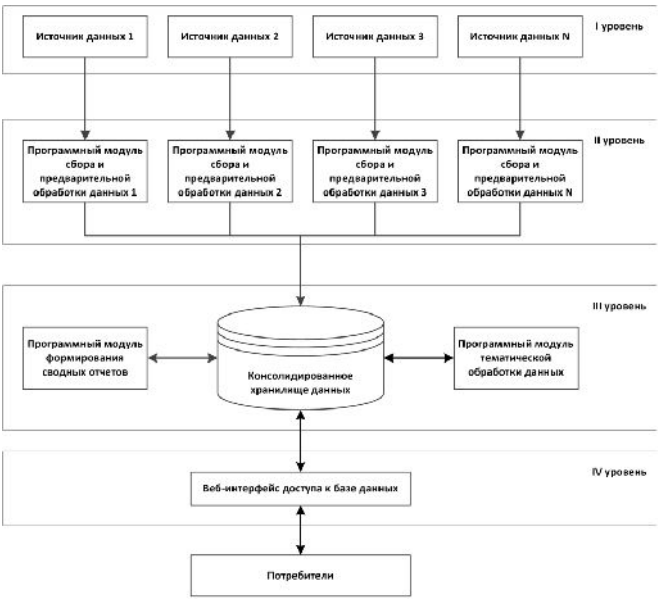


Рис.1. Структурная схема консолидированной системы геофизического мониторинга.

Структурная схема предлагаемой системы содержит четыре уровня:
- источники данных;
- программные модули сбора и предварительной обработки данных;
- хранение и консолидация данных, их тематическая обработка;
- веб-интерфейс доступа к базе данных.

1. Мониторинг ионосферы по сигналам глобальных навигационных спутниковых систем

Одним из источников получения информации о состоянии ионосферы являются результаты обработки наземными комплексами данных о характеристиках сигналов ГНСС ГЛОНАСС, *GPS* и др., что расширяет возможности изучения ионосферы.

Авторами разработан и запатентован способ приема и комплексной обработки данных от навигационных космических аппаратов (НКА) для диагностики возмущений в ионосфере, а также аппаратно-программный комплекс (АПК) для его реализации [3], который позволяет вести прием и обработку сигналов видимого созвездия НКА с последующим расчетом полного электронного содержания в зоне радиовидимости для каждого из них.

Схема мониторинга ионосферы, основанного на получении характеристик сигналов ГНСС, приведена на рис. 2.

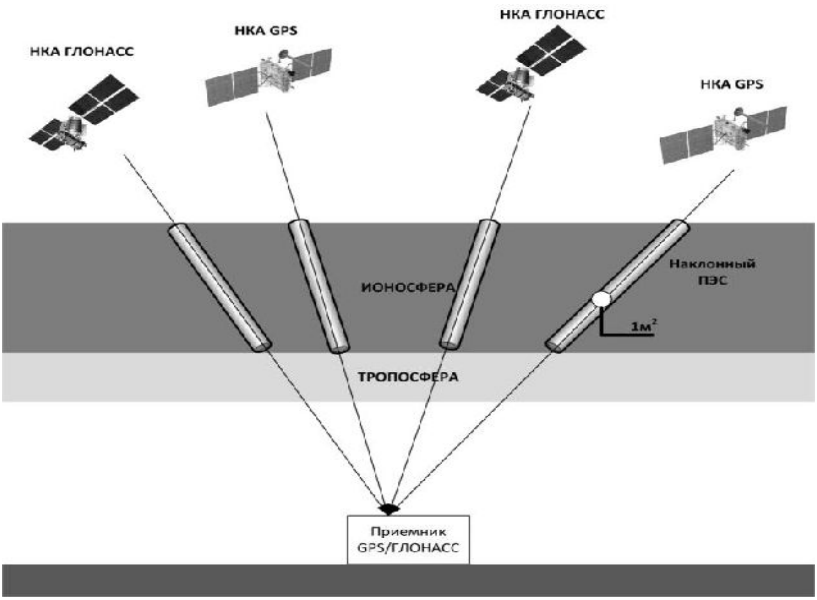


Рис.2. Мониторинг ионосферы по сигналам ГНСС.

Также создано многофункциональное программное обеспечение обработки данных о характеристиках сигналов ГНСС *GPS*/ГЛОНАСС, предназначенное для:

- преобразования формата *RINEX* в бинарный;
- расчета траектории движения НКА;
- выделения отдельных характеристик сигналов по каждому НКА;
- расчета полного электронного содержания;
- визуализации результатов обработки.

На рис. 3 приведен пример визуализации траектории движения некоторых НКА.

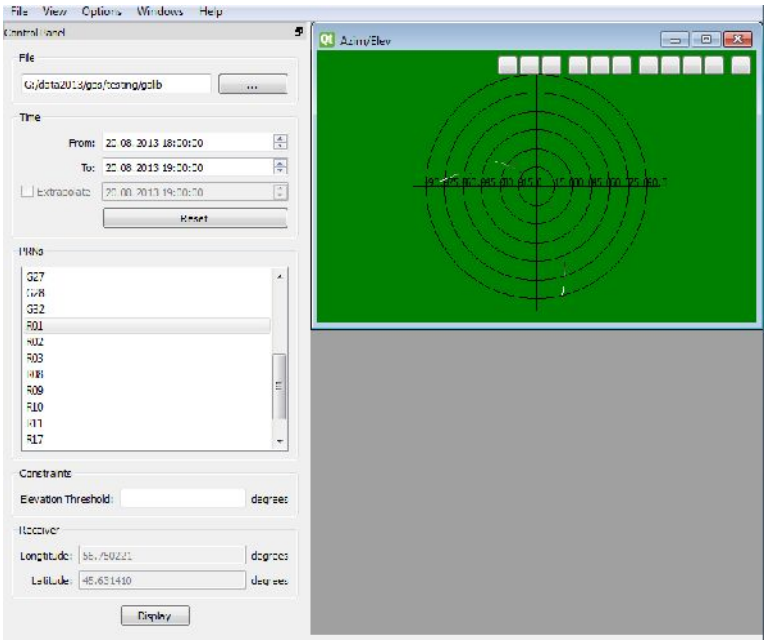


Рис.3. Визуализация траектории движения НКА GPS №6, 11 и ГЛОНАСС №1 20.08.13г. с 18-19 LT.

2. Прием и обработка сигналов от СДВ-радиопередатчиков

Другим источником информации о состоянии ионосферы является АПК приема и обработки характеристик сигналов, получаемых наземными приемниками от СДВ-радиопередатчиков в диапазоне частот 10…50 кГц. На рис. 4 показаны внешний вид антенны и приемника [4].

В настоящее время насчитывается ~25 СДВ-радиопередатчиков, территориально распределенных по поверхности Земли. Их сигналы отражаются от слоев *E* и *D* ионосферы, и по измерениям амплитуды и фазы принимаемых сигналов можно судить о наличии ионосферных возмущений.

а)

б)

Рис.4. Внешний вид антенны (а) и приемника (б.)

Для обработки принятых СДВ-радиосигналов авторами разработано специальное программное обеспечение, выполняющее следующие функции [5]:

- коррекция конфигурационного файла с добавлением новых частот;
- селекция данных по частотам;
- объединение в один файл данных измерений по частотам для заданных интервалов времени;
- 2*D* и 3*D* визуализация результатов измерений.

Пример визуализации результатов обработки СДВ-радиосигналов передатчика *DHO* (Германия), полученных 10.06.2014г., представлен на рис. 5.

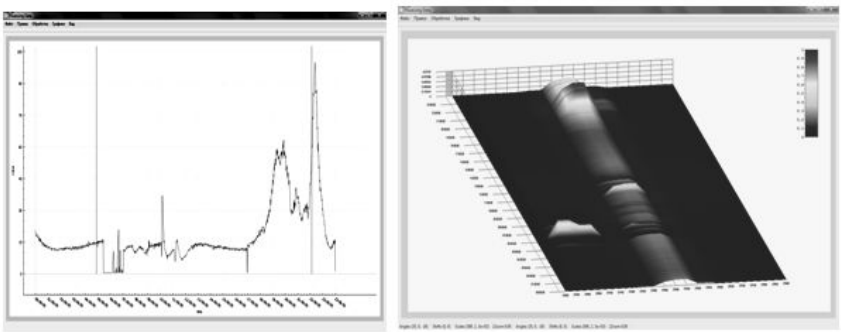


Рис.5. Визуализация результатов обработки СДВ-радиосигналов передатчика DHO.

3. Результаты обработки измерений бортовой научной аппаратуры космических аппаратов

Существенный вклад в консолидированную систему геофизического мониторинга должна вносить бортовая научная аппаратура (БНА) космиче-

ских аппаратов (КА), измеряющая различные параметры ионосферы.

К настоящему времени накоплен значительный эмпирический материал по результатам измерений концентрации и температуры электронов, ионов на высотах полета КА. Созданы программы обработки данных от измерительных систем КА *DEMETER*, *CHAMP*, *SWARM*, «Ресурс-ДК», «Интеркосмос-19».

Результаты обработки измерений БНА некоторых параметров околоземного космического пространства с КА *DEMETER* и *CHAMP* использовались авторами в целях диагностики состояния ионосферы непосредственно над районами сильных землетрясений [6].

На рис. 6, 7 приведены результаты интервальной оценки значений электронной плотности для каждого КА для землетрясения, произошедшего в Кот д'Ивуаре 28.06.2007г.

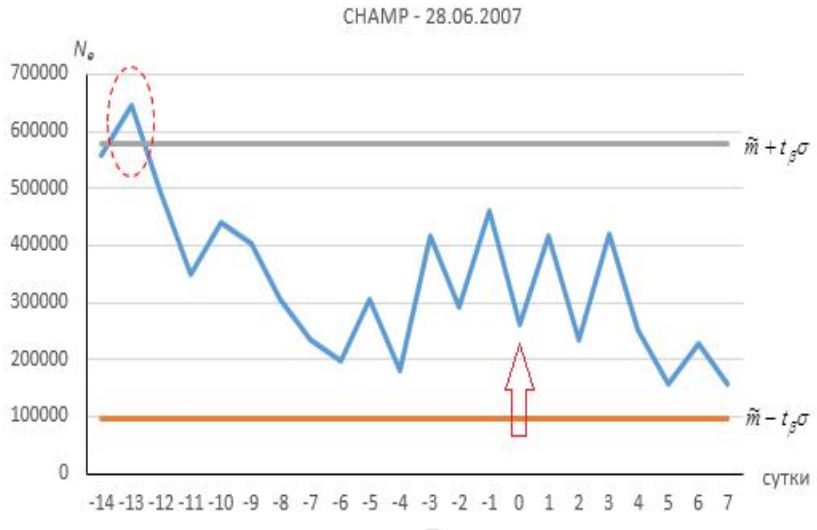


Рис.6. Интервальная оценка электронной плотности для КА CHAMP, стрелкой обозначен день землетрясения.

При этом $\tilde{m}$ - среднее значение выборки, σ – стандартное отклонение значений, t_β=1.79 – коэффициент, задающий границы доверительного интервала для β = 90% - 95% [7].

На графиках (см. рис. 6, 7) видно, что на -13 сутки перед землетрясением с вероятностью не меньшей 0.95 наблюдается повышение электронной плотности. Но 15.06.2007г. *Kp*-индекс был равен 2, т.е. солнечная активность

была очень низкая. Значит, превышение концентрации электронов могло быть связано с сейсмической активностью.

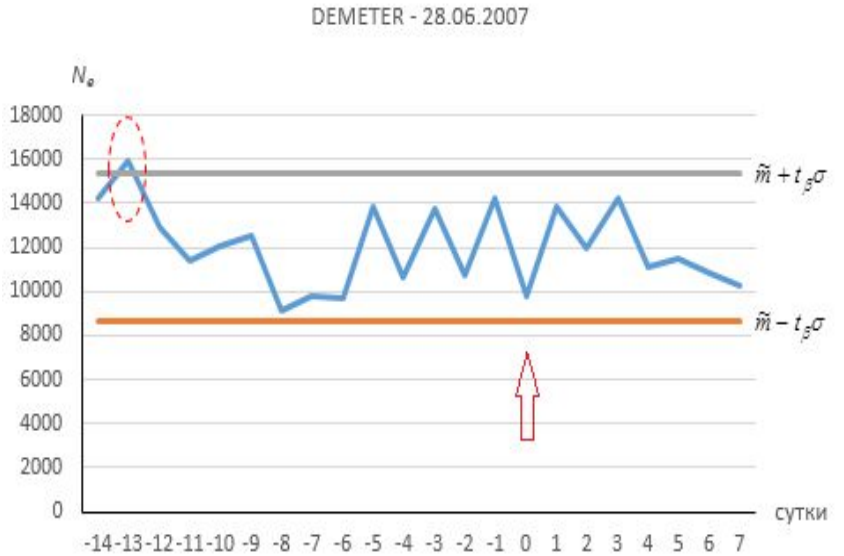


Рис.7. Интервальная оценка электронной плотности для КА DEMETER, стрелкой обозначен день землетрясения.

Таким образом, для решения широкого круга прикладных задач целесообразно создание консолидированной системы геофизического мониторинга путем объединения как существующих, так и разрабатываемых технологий с применением наземных и космических средств.

При добавлении в предложенную консолидированную систему нового источника данных о параметрах окружающей среды необходимо создать новые программные модули сбора, предварительной и тематической обработки данных.

Библиографический список

1. Nathan Blaunstein, Eugeniu Plohotniuc. Ionosphere and Applied Aspects of Radio Communication and Radar. CRC Press, 2008, 600 p.

2. Авдюшин С.И., Данилкин Н.П., Журавлев С.В., Давыдов Н.М. и др. Исследование и отработка многофункционального радиофизического комплекса для зондирования ионосферы, поверхности и подповерхности струк-

тур Земли с борта космических аппаратов. // Космонавтика и ракетостроение. 2007. №4 (49). С.158-163.

3. Способ приема и комплексной обработки данных от спутниковых навигационных приемников космических аппаратов для диагностики возмущения ионосферы и аппаратно-программный комплекс для его реализации. // Патент РФ № 2564450. 2014. / Полушковский Ю.А., Гаврик А.Л., Скрипачев В.О.

4. Полушковский Ю.А., Скрипачев В.О., Алексеев О.А., Суровцева И.В., Жуков А.О. Способ диагностики сильных землетрясений посредством оценки характеристик сигналов сверхдлинноволновых радиопередатчиков // Вестник Российского нового университета. Серия: Сложные системы: модели, анализ и управление, 2016, № 1-2, С. 109-113.

5. Скрипачев В.О., Назаренко А.С., Полушковский Ю.А. Аппаратно-программный комплекс диагностики состояния ионосферы по данным ОНЧ радиосигналов. // Программные продукты и системы. 2014. №4. С.213-216.

6. Барсуков А.И., Суровцева И.В., Скрипачев В.О., Полушковский Ю.А., Пирхавка А.П. Использование метода наложения эпох для выявления предвестников природных катастроф. // Фундаментальные проблемы системной безопасности: материалы III школы-семинара молодых ученых 26-28 мая 2016 г.: в 2 частях. Ч. II. – Елец: Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, 2016. С.163-168.

7. Теория вероятностей: Учеб. Для вузов/ Е.С. Вентцель. – 8-е изд. – М.: Высш. шк., 2002. – 575 с.

PROPOSALS FOR DEVELOPING GEOPHISICAL MONITORING CONSOLIDATED SYSTEM

© Yu.A. Polushkovskiy[1], I.V. Surovceva[1], O.A. Alekseev[2]
[1]Moscow Technological University (MIREA), Moscow, Russia
[2]Russian Space Systems, JSC, Moscow, Russia
e-mail: polushkovskij@mirea.ru, surovceva@mirea.ru

Abstract. The necessary of developing geophysical monitoring consolidated system based on different technologies operative diagnosis ionosphere for solving applied applications of radiolocation and radio navigation is shown. The structure of consolidated system and it properties are given. As sources of geophysical information can be used monitoring ionosphere by global navigation space systems (GPS/GLONASS, etc.), ground transmitters of VLF signals, and satellite on-board scientific equipment data.

Keywords. Geophysical monitoring, operational diagnosis of ionosphere, navigation satellite, on-board scientific equipment, data processing, software module, consolidated system.

УДК 621.396.62

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОТЯЖЕННЫХ АНТЕННЫХ ПОЛЕЙ ДЛЯ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ МАЛОРАЗМЕРНЫХ КОСМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

© А.И.Баскаков, В.И. Гусевский, А.А. Комаров
Национальный исследовательский университет "МЭИ", Москва, Россия
e-mail:baskakovai@mpei.ru, alex_alex_komarov@mail.ru

Аннотация. В докладе рассмотрены вопросы радиолокационных наблюдений малоразмерных космических объектов - космический мусор. Для наблюдения за такими объектами предлагается применять протяженные антенные поля, т.е. переходить от однопозиционных радиолокационных систем к многопозиционным системам. Рассмотрены преимущества использования многопозиционных систем и требования, предъявляемые к этим системам.

Ключевые слова. Протяженные антенные поля, радиолокация, космический мусор, интерферометрия, многопозиционные системы, база, корреляция.

К группе объектов, постоянно доступных для радиолокационных исследований, кроме Луны и множества искусственных спутников, относится также орбитальный «космический мусор» (КМ), группирующийся, в основном, на низких и средневысотных орбитах, а также в области геостационарного кольца. В эту же группу можно включить метеориты и метеорные потоки, представляющие собой естественный «космический мусор», связанный с теми или иными кометами и другими космическими объектами, движущимися вдоль их орбит.

Возросшие требования к качественным характеристикам космических радиолокационных систем (РЛС) привели к тому, что с помощью традиционных систем и методов справиться с задачей исследования малоразмерных, быстродвижущихся космических объектов не удается [1]. Необходимо разрабатывать новые подходы и новые принципы функционирования РЛС наблюдения и измерения. Одно из новых перспективных направлений развития радиолокации – это переход от однопозиционных систем к многопозиционным станциям, т.е. к системам, состоящим из разнесенных в пространстве передающих и приемных антенных позиций или однопозиционных РЛС, совместно ведущих наблюдение одного объекта [2].

1. Актуальность задачи определения характеристик «космического мусора»

В настоящее время по разным оценкам только в районе низких околоземных орбит вплоть до высот около 2000 км находится до 5000 тонн техногенных объектов. На основе статистических оценок делаются выводы, что общее число объектов подобного рода (поперечником более 1 см) достаточно неопределенно и может достигать 60000 − 100000. Из них только порядка 10% (около 8600 объектов) обнаруживаются, отслеживаются и каталогизируются наземными радиолокационными и оптическими средствами и только около 6 % отслеживаемых объектов — действующие.

Большинство этих объектов находится на орбитах с высоким наклонением, плоскости которых пересекаются, поэтому средняя относительная скорость их взаимного пролета составляет около 10 км/с. Вследствие огромного запаса кинетической энергии столкновение любого из этих объектов с действующим космическим аппаратом может повредить его или даже вывести из строя.

Наиболее засорены те области орбит вокруг Земли, которые чаще всего используются для работы космических аппаратов. Это низкая околоземная орбита, геостационарная орбита (ГСО) и солнечно-синхронные орбиты (ССО). На рис.1 хорошо видно количественное распределение КМ около Земли на околоземной и геостационарной орбитах [3].

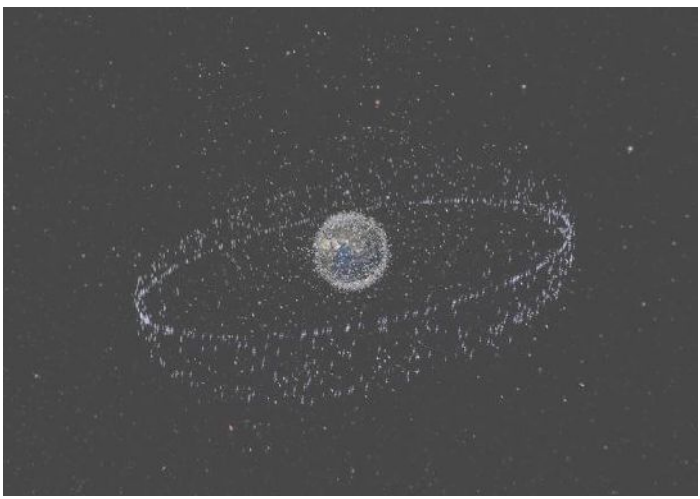


Рис.1. Примерный вид околоземного космического пространства заполненного не только рабочими объектами, но и «космическим мусором».

Мелкие фракции КМ представляют основную угрозу для осуществления безопасной космической деятельности, так как интенсивность прохождения через единицу поверхности для мелкоразмерных (менее 10 см) фракций примерно на порядок больше, чем для фракций более 10 см. Поэтому эффективное информационное обеспечение безопасности осуществления космической деятельности возможно только при организации непрерывного оперативного контроля не только крупных, но и малоразмерных космических объектов, в том числе мелких фракций КМ.

2. Виды многопозиционных РЛС

Многопозиционные радиолокационные системы в общем случае объединяют однопозиционные (ОПРЛС), бистатические (БиРЛС) и пассивные (ПРЛС) РЛС, расположенные в различных точках пространства (позициях). Расстояние между позициями РЛС называется базой. Возможная структура МПРЛС показана на рис.2. Многопозиционные РЛС имеют несколько баз, которые обозначаются $Б_{jk}$, где индексы j и k соответствуют номерам или названиям позиций.

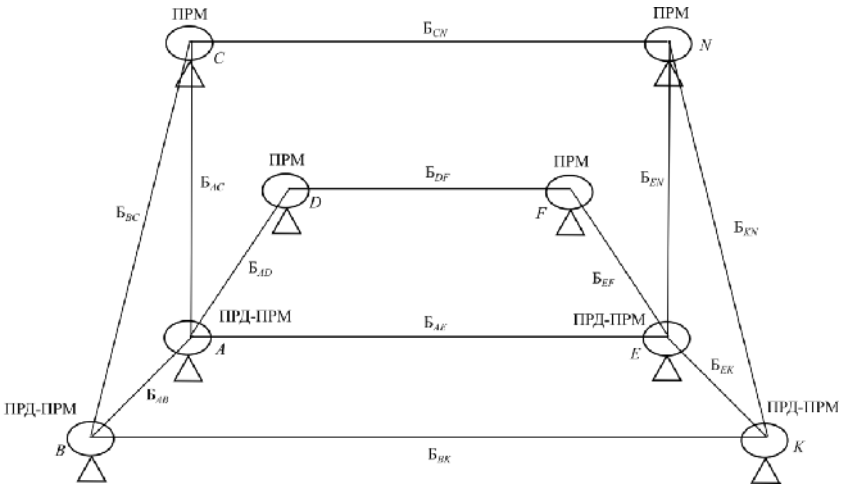


Рис.2. Возможная структура МПРЛС

На рис.3 показана структура МПРЛС, имеющей общую передающую и три разнесенные приемные позиции. Такую МПРЛС называют полуактивной. Частным случаем полуактивной системы является БиРЛС.

Следует отметить, что в зависимости от тактического назначения

МПРЛС и размещения её элементов базы системы могут менять положение и размеры при перебазировании системы или при размещении аппаратуры МПРЛС на подвижных объектах, в том числе и на космических аппаратах. Может использоваться смешанное базирование МПРЛС, например, передающая аппаратура на подвижных носителях, а приемная на Земле, и наоборот. Если при перемещении или перебазировании взаимное расположение позиций не изменяется, т.е. $Б_{jk}$ = const, то такие МПРЛС называют МПРЛС с неподвижными базами. Все другие системы составляют группу МПРЛС с подвижными базами.

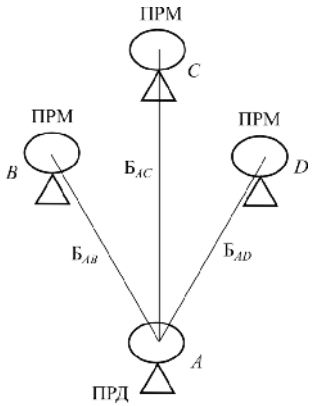


Рис.3. Структура МПРЛС, состоящей из БиРЛС

В обобщенной структуре МПРЛС (рис.4) можно выделить основные компоненты системы: аппаратуру разнесенных позиций (П), каналы передачи информации (1), каналы синхронизации (2) и пункт обработки информации (ПОИ), где поступающие от разнесенных позиций сигналы и информация объединяются и обрабатываются совместно, что позволяет реализовать ряд преимуществ МПРЛС перед однопозиционными РЛС.

Основные из этих преимуществ:

- возможность формирования сложных пространственных зон обзора;
- лучшее использование энергии в системе;
- большая точность измерения местоположения целей в пространстве;
- возможность измерения полного вектора скорости целей;
- повышение помехозащищенности по отношению к активным и пассивным помехам;
- увеличение надежности выполнения тактической задачи.

Однако эти преимущества достигаются ценой увеличения сложности и стоимости системы. Возникает необходимость синхронизации рабо-

ты позиций (в том числе и при обзоре пространства) и организации линий передачи данных. Возрастает и сложность обработки информации из-за большого её объема.

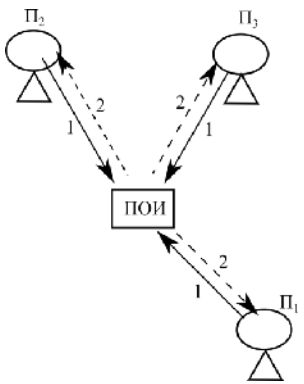


Рис.4. Обобщенная структура МПРЛС

Важен вопрос объединения информации в МПРЛС [4]. Когерентное объединение – наивысший уровень объединения информации. Радиочастотные сигналы от позиций МПРЛС поступают на центральный пункт обработки информации, где выполняются все операции обнаружения, отождествления и определения параметров движения цели и ее местоположения. Система, в которой осуществляется когерентное объединение сигналов, обладает наибольшими возможностями, так как в ней можно использовать пространственную когерентность сигналов, при которой отсутствуют случайные изменения разности фаз сигналов, принимаемых на позициях МПРЛС. В такой системе усложняется ПОИ и требуется широкополосные линии передачи сигналов с высокой пропускной способностью. Объединение траекторий – низший уровень объединения информации. С позиций сигналы поступают после вторичной обработки и отбраковки ложных отметок целей, поэтому большинство вычислительных операций выполняется на позициях МПРЛС, аппаратура которых наиболее сложна. Аппаратура же центра обработки информации упрощается, и линии связи работают в наиболее легких условиях.

3. Протяженные антенные поля СВЧ диапазона

Рассмотрим уже действующие протяженные антенные поля, не претендуя на полноту охвата.

1) Сверхбольшая Антенная Решётка (Very Large Array) [5] введена в эксплуатацию в 1979 г. Расположена в США, штат Нью-Мексико. Представляет из себя антенную решетку в форме буквы Y (рис.5), состоящую из 27 элементов в виде 25-метровых зеркальных антенн (230 тонн каждая). Использовалась для поисков воды на Меркурии, микро-квазаров, радиокорон вокруг звёзд и многих других исследований.

Рис.5. Вид VLA, Национальная радиоастрономическая обсерватория, Нью-Мексико, США

2) Атакамская большая антенная решетка миллиметрового диапазона (Atacama Large Millimetter Array - ALMA) [6] – радиоинтерферометр, состоящий из 66 зеркальных антенн (54 антенны диаметром 12 м и 12 антенн диаметром 7м, масса около 100 тонн, см. рис.6). Полностью введен в эксплуатацию в 2013 году.

Телескоп предназначен для изучения процессов, происходивших на протяжении первых сотен миллионов лет после Большого Взрыва, когда формировалось первое поколение звёзд.

3) Антенная решётка с эффективной площадью в один квадратный километр (Square Kilometre Array – SKA) [7]. Антенная решетка, состоящая из множества отдельных антенн общей площадью в 1 кв. км.

Радиоинтерферометр SKA будет работать, как адаптивная антенная решётка в широком диапазоне частот и его размеры позволят достичь в 50 раз большую чувствительность, чем у любого другого существующего радиотелескопа. Для его работы потребуется очень высокая производитель-

ность центрального вычислительного сервера и длинных линий связи с пропускной способностью большей нынешнего глобального интернет-трафика.

Рис.6. Элементы ALMA.

Проект SKA является результатом глобального сотрудничества 20 стран, направленным на получение ответов на фундаментальные вопросы о происхождении и эволюции Вселенной.

Рис.7. Центральное ядро массива антенн SKA

4) Антенная решетка со сверхдлинными базами (Very Long Baseline Array – VLBA) [8] – радиоинтерферометр, принадлежащий Национальной Радиоастрономической Обсерватории (NRAO) США. VLBA состоит из десяти радиотелескопов (рис.8), контролируемых удалённо из центра управления, расположенного в Сокорро, Нью-Мексико (США). Сооружение VLBA началось в феврале 1986, и закончилось в мае 1993. Первое наблюдение с использованием всех десяти антенн было проведено 29 мая 1993.

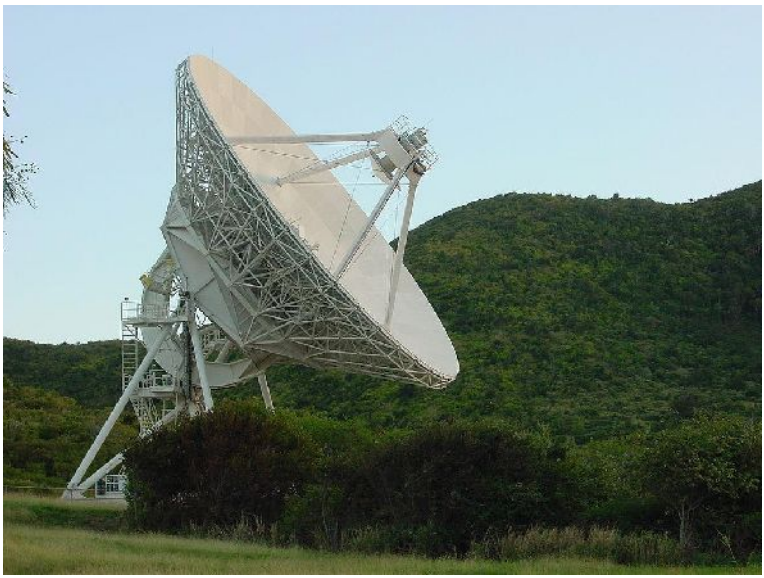


Рис.8. Одна из антенн VLBA

VLBA может использоваться для наблюдения и картографирования различных компактных радиоисточников с яркостной температурой выше ~106 K. Максимальное расстояние между отдельными радиотелескопами сети VLBA составляет 8600 км. Радиотелескопы могут вести приём в десяти частотных диапазонах от 300 МГц до 86 ГГц.

Таким образом, чем выше уровень объединения информации, т.е. чем меньше информации теряется на приемных позициях до совместной обработки, тем выше энергетические и информационные возможности МПРЛС, но тем сложнее аппаратура центрального пункта обработки и выше требования к пропускной способности линий передачи информации.

Увеличение размеров базы радиоинтерферометра ограничивают две основные системы передачи сигналов: линии передачи от антенн к корреляторам (включая компенсирующие отрезки) и линии передачи и системы распределения и формирования сигналов гетеродинов (от центра управления к антеннам).

Исследование выполнено за счёт гранта Российского научного фонда (проект №17-19-01616).

Библиографический список

1. Klinkrad, H., Alby, F., Alwes, D., Portelli, C., and Tremayne-Smith, R., “Space Debris Activities in Europe”, in *Proceedings of 4th European Conference on Space Debris*, Darmstadt, Germany, April 2005, 25–30.

2. Saillant, S., “Bistatic Space-Debris Surveillance Radar”, *in Proceedings of 2016 IEEE Radar Conference (RadarConf)*,Philadelphia, PA, USA, May 2016.

3. Agapov, V., Biryukov, V., Kiladze, R., Molotov, I., Rumyantsev, V., Sochilina, A., and Titenko, V., “Faint GEO objects search and orbital analysis ”, in *Proceedings of 4th European Conference on Space Debris*, Darmstadt, Germany, April 2005, 153–158.

4. Бакулев П.А. Радиолокационные системы. Учебник для вузов. — М.: Радиотехника, 2004, - 320 с.

5. Электронный ресурс. Режим доступа: http://www.vla.nrao.edu

6. Электронный ресурс. Режим доступа: http://www.almaobservatory.org

7. Электронный ресурс. Режим доступа: https://www.skatelescope.org

8. Электронный ресурс. Режим доступа: https://science.nrao.edu/facilities/vlba

APPLICATION OF EXTENDED ANTENNA FIELDS FOR RADAR OBSERVATIONS OF SPACE DEBRIS

© A.I. Baskakov, V.I. Gusevskiy, A.A. Komarov
National Research University «MPEI», Moscow, Russia
e-mail:baskakovai@mpei.ru, alex_alex_komarov@mail.ru

Abstract. The report deals with the radar observations of small-sized space objects - space debris. To observe such objects it is proposed to use extended antenna fields, i.e. to switch from one-position radar systems to multi-position systems. The advantages of using multi-position systems and the requirements for these systems are considered. The study was carried out at the expense of a grant from the Russian Science Foundation (project No. 17–19–01616).

Key words. Extended antenna fields, radar, space debris, interferometry, multiposition systems, base, correlation.

УДК 621.396.96

МНОГОЦЕЛЕВОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ МАНЕВРИРУЮЩИХ ОБЪЕКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОДНОПОЗИЦИОННЫХ СИСТЕМ РАДИОМОНИТОРИНГА ВОЗДУШНОГО БАЗИРОВАНИЯ

© Б.В. Белик, С.Г. Белов
АО «Концерн радиостроения «Вега», Москва, Россия
e-mail: boris_belik@mail.ru

Аннотация. Осуществлена постановка задачи многоцелевого сопровождения маневрирующих радиоизлучающих объектов с использованием однопозиционных систем радиомониторинга воздушного базирования. Проведен синтез алгоритма многоцелевого сопровождения маневрирующих радиоизлучающих объектов на основании угломерных данных. Проведено имитационное моделирование работы разработанного алгоритма, по итогам которого сделаны выводы о его эффективности.

Ключевые слова: многоцелевое сопровождение, радиоизлучающие объекты, система радиомониторинга, пеленгация, фильтр Калмана.

В настоящее время наблюдается существенное возрастание в окружающем пространстве количества источников радиоизлучения различного назначения, что предопределяет необходимость их постоянного контроля [1]. Наиболее приспособленными для проведения такого контроля являются системы радиомониторинга, размещаемые летательных аппаратах (ЛА).

В аппаратной части систем радиомониторинга измеряются параметры сигналов от источников радиоизлучения. На основании получаемых измерений в процессе мониторинга окружающего пространства необходимо решать задачу многоцелевого сопровождения наблюдаемых объектов, которая включает в себя задачи отождествления поступающего измерения и объекта и оценивания координат состояния сопровождаемых объектов [2]. Важно отметить, что с учетом меняющейся радиоэлектронной обстановки в районе мониторинга решение задачи многоцелевого сопровождения должно осуществляться в масштабе времени, близком к реальному, что предполагает использование последовательных процедур обработки поступающих измерений. Кроме того, особенностью систем радиомониторинга является то, что в них невозможно непосредственное измерение дальности до объекта по задержке радиосигнала. В такой ситуации для определения координат объектов используются методы их косвенного оценивания на основании измерений угловых координат [3,4].

1. Постановка задачи

На рис. 1 представлена геометрия решаемой задачи. *OXYZ* – наземная неподвижная прямоугольная система координат, с осью *OX* направленной на север.

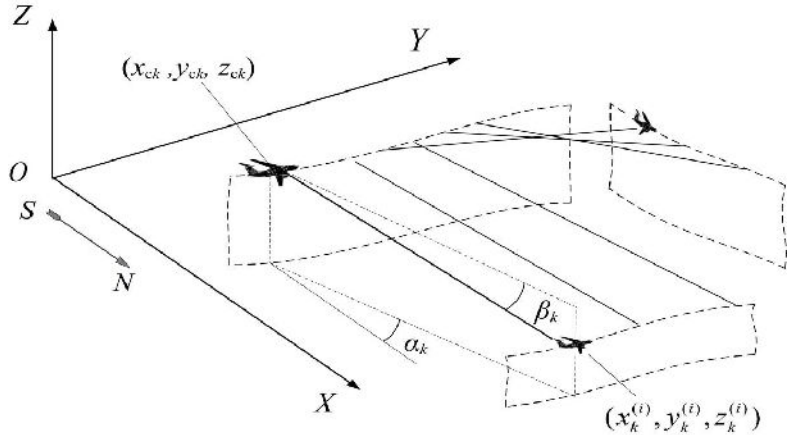


Рис. 1

Положение перемещающейся в пространстве системы радиомониторинга, размещенной на ЛА, в момент t_k определяется вектором состояния $\mathbf{x}_{ck} = \left[x_{ck}, y_{ck}, z_{ck}\right]^{\mathrm{T}}$. Местоположение *i*-го объекта определяется вектором состояния $\mathbf{x}_k^{(i)} = \left[x_k^{(i)}, y_k^{(i)}, z_k^{(i)}\right]^{\mathrm{T}}$.

Предполагается, что в каждый *k*-й момент времени система радиомониторинга получает измерения азимутов и углов места одного из наблюдаемых объектов. Таким образом, непосредственному наблюдению доступен дискретный случайный процесс $\mathbf{z}_k$, который в каждый момент времени представляет собой аддитивную смесь полезного сигнала и шума измерений:

$$\mathbf{z}_k = \mathbf{h}\left(t_k, \mathbf{x}_k^{(i)}, \mathbf{x}_{ck}\right) + \boldsymbol{\xi}_{ик}, \tag{1}$$

где $\mathbf{h}\left(t_k, \mathbf{x}_k^{(i)}, \mathbf{x}_{ck}\right)$ – функция полезного сигнала, которая определяется выражением:

$$\mathbf{h}\left(t_k, \mathbf{x}_k, \mathbf{x}_{ck}\right) = \begin{bmatrix} h_\alpha \\ h_\beta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \operatorname{arctg} \dfrac{x_k - x_{ck}}{y_k - y_{ck}} \\ \operatorname{arctg} \dfrac{z_{ck} - z_k}{\sqrt{\left(x_k - x_{ck}\right)^2 + \left(y_k - y_{ck}\right)^2}} \end{bmatrix}. \tag{2}$$

$\boldsymbol{\xi}_{ик}$ – дискретный белый шум нулевым математическим ожиданием и корреляционной матрицей $\mathbf{D}_{ик}$; $\mathbf{x}_k^{(i)}$ – вектор координат состояния *i*-го объекта, от которого в момент t_k поступил сигнал.

Задача многоцелевого сопровождения радиоизлучающих объектов состоит в том, чтобы на основании наблюдений в каждый момент времени проводить отождествление поступивших измерений и объекта и формировать оценки координат состояния всех отождествленных объектов.

3. Алгоритм многоцелевого сопровождения

При сопровождении маневрирующих объектов с помощью угломерных систем возникает неоднозначность, связанная с существованием множества различных траекторий, положение наблюдаемого объекта на которых соответствует одному и тому же пеленгу, измеряемому системой радиомониторинга. Способом решения указанной проблемы является использование априорных моделей состояния сопровождаемых объектов, накладывающих ограничения на возможности их маневрирования.

Разработанная модель состояния предполагает, что сопровождаемый объекты могут совершать маневр только в горизонтальной плоскости, сохраняя постоянную по модулю скорость. При этом вектор состояния и уравнение состояния имеют вид:

$$\mathbf{x}_k = [x_k, y_k, z_k, \theta_k, \varphi_k, V_k]^{\mathrm{T}}, \tag{3}$$

$$\mathbf{x}_k = \mathbf{f}(\mathbf{x}_{k-1}, \Delta t_{k|k-1}) + \boldsymbol{\xi}_{\mathbf{x}k}, \tag{4}$$

где x_k, y_k, z_k – координаты объекта в системе координат $OXYZ$, θ_k, φ_k – углы ориентации вектора скорости объекта в вертикальной и горизонтальной плоскостях соответственно, V_k – модуль скорости объекта, $\Delta t_{k|k-1}$ – интервал между текущим и предыдущим моментами времени, $\mathbf{f}(\mathbf{x}_{k-1}, \Delta t_{k|k-1})$ – векторная переходная функция, которая определяется соотношениями:

$$\mathbf{f}(\mathbf{x}_{k-1}, \Delta t_{k|k-1}) = \begin{bmatrix} x_{k-1} + V_{k-1} \sin\theta_{k-1} \cos\varphi_{k-1} \Delta t_{k|k-1} \\ y_{k-1} + V_{k-1} \sin\theta_{k-1} \sin\varphi_{k-1} \Delta t_{k|k-1} \\ z_{k-1} + V_{k-1} \cos\theta_{k-1} \Delta t_{k|k-1} \\ \theta_{k-1} \\ \varphi_{k-1} \\ V_{k-1} \end{bmatrix}, \tag{5}$$

$\boldsymbol{\xi}_{\mathbf{x}k}$ – вектор белых гауссовских шумов состояния с нулевым математическим ожиданием и корреляционной матрицей $\mathbf{D}_{\mathbf{x}k}$, который определяет возможность маневра.

В связи с допущением, что объект может маневрировать только в горизонтальной плоскости, корреляционная матрица шумов состояния имеет вид:

$$\mathbf{D}_{\mathbf{x}k} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \left(\frac{\varphi_{\max}\Delta t_{k|k-1}}{3}\right)^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \qquad (6)$$

где $\varphi_{\max}$ – максимально возможная угловая скорость курса ИРИ.

Алгоритм многоцелевого сопровождения включает три этапа.

На первом этапе формируются гипотезы об отождествлении измерения $\mathbf{z}_k$, поступившего в момент t_k, либо с одним из I_{k-1} сопровождаемых объектов, отождествленных на предыдущих шагах обработки, либо с новым объектом (завязка новый трассы объекта).

На втором этапе вычисляются оценки координат состояния $\mathbf{x}_k^{(i)}$ и матрицы $\mathbf{D}_k^{(i)}$ апостериорных дисперсий ошибок этих оценок для каждого i-го объекта совокупности I_k сопровождаемых объектов.

На третьем этапе осуществляется отождествление измерения и объекта, которое состоит в определении наиболее правдоподобной гипотезы из I_k гипотез, сформированных на первом этапе. Для этого для каждой r-й гипотезы рассчитывается функция правдоподобия [5], максимум которой определяет наиболее правдоподобную гипотезу:

$$p_r\left(\mathbf{z}_k\right) = \exp\left(-1/2\left[\mathbf{z}_k - \mathbf{h}\left(t_k, \hat{\mathbf{x}}_k^{(i)}, \mathbf{x}_{ck}\right)\right]^{\mathrm{T}}\left[\mathbf{D}_{\Delta \mathbf{z}k}^{(i)}\right]^{-1}\left[\mathbf{z}_k - \mathbf{h}\left(t_k, \hat{\mathbf{x}}_k^{(i)}, \mathbf{x}_{ck}\right)\right]\right), \qquad (7)$$

$$r = \overline{1, I_k - 1}$$

Таким образом, результатом работы алгоритма на k-м шаге является перечень объектов, определяемый наиболее правдоподобной гипотезой, а также оценки координат состояния этих объектов и дисперсии ошибок оценок.

Среди объектов, подлежащих оцениванию, могут быть выделены: объект, с которым отождествлено текущее измерение и который на предыдущих шагах уже был отождествлен («старый» отождествленный объект); объекты, с которыми не отождествлено текущее измерение, но которые на

предыдущих шагах уже были отождествлены («старые» неотождествленные объекты); объект, с которым отождествлено текущее измерение и который на предыдущих шагах не был отождествлен с измерениями («новый» отождествленный объект).

Для «старых» отождествленных объектов вектор $\hat{\mathbf{x}}_k^{(i)}$ оценки координат состояния и матрица $\mathbf{D}_k^{(i)}$ апостериорных дисперсий ошибок оценивания формируются с помощью соотношений расширенного фильтра Калмана [6,7]:

$$\hat{\mathbf{x}}_k^{(i)} = \hat{\mathbf{x}}_{k|k-1}^{(i)} + \mathbf{K}_{\text{ф}k}^{(i)}\left[\mathbf{z}_k - \mathbf{h}(t_k, \hat{\mathbf{x}}_{k|k\text{-}1}^{(i)}, \mathbf{x}_{\text{с}k})\right],$$

$$\mathbf{D}_k^{(i)} = \mathbf{D}_{k|k-1}^{(i)} - \mathbf{D}_{k|k-1}^{(i)}\left[\mathbf{J}_k^{(i)}\right]^{\text{T}}\left[\mathbf{D}_{\Delta\mathbf{z}k}^{(i)}\right]^{-1}\mathbf{J}_k^{(i)}\mathbf{D}_{k|k-1}^{(i)},$$

$$\hat{\mathbf{x}}_{k|k-1}^{(i)} = \mathbf{f}(\hat{\mathbf{x}}_{k\text{-}1}^{(i)}, \Delta t_{k|k-1}),$$

$$\mathbf{D}_{k|k-1}^{(i)} = \mathbf{\Phi}_{k|k-1}^{(i)}\mathbf{D}_{k-1}^{(i)}\left[\mathbf{\Phi}_{k|k-1}^{(i)}\right]^{\text{T}} + \mathbf{D}_{\mathbf{x}k}^{(i)},$$

$$\mathbf{D}_{\Delta\mathbf{z}k}^{(i)} = \mathbf{J}_k^{(i)}\mathbf{D}_{k|k-1}^{(i)}\left[\mathbf{J}_k^{(i)}\right]^{\text{T}} + \mathbf{D}_{\text{и}k}$$

$$\mathbf{K}_{\text{ф}k}^{(i)} = \mathbf{D}_k^{(i)}\left[\mathbf{J}_k^{(i)}\right]^{\text{T}}\left[\mathbf{D}_{\text{и}k}\right]^{-1},$$

$$\mathbf{J}_k^{(i)} = \left.\frac{\partial\mathbf{h}(t_k, \mathbf{x}, \mathbf{x}_{\text{с}k})}{\partial\mathbf{x}}\right|_{\mathbf{x}=\hat{\mathbf{x}}_{k|k-1}^{(i)}},$$

$$\mathbf{\Phi}_{k|k-1}^{(i)} = \left.\frac{\partial\mathbf{h}(t_k, \mathbf{x}, \mathbf{x}_{\text{с}k})}{\partial\mathbf{x}}\right|_{\mathbf{x}=\hat{\mathbf{x}}_{k|k-1}^{(i)}}, \qquad (8)$$

где $\hat{\mathbf{x}}_{k|k-1}^{(i)}$ и $\mathbf{D}_{k|k-1}^{(i)}$ – экстраполированные с предыдущего момента времени t_{k-1} на текущий момент t_k значения соответственно вектора оценки и матрицы ошибок этой оценки; $\mathbf{K}_{\text{ф}k}^{(i)}$ – весовая матрица фильтра в момент t_k; $\mathbf{\Phi}_{k|k-1}^{(i)}$ и $\mathbf{J}_k^{(i)}$ – матрицы производных векторной переходной функции и векторной функции полезного сигнала соответственно, вычисляемые в точке экстраполированной оценки; $\mathbf{D}_{\Delta\mathbf{z}k}^{(i)}$ – корреляционная матрица невязки $\left[\mathbf{z}_k - \mathbf{h}(t_k, \hat{\mathbf{x}}_{k|k\text{-}1}^{(i)}, \mathbf{x}_{\text{с}k})\right]$ зарегистрированного измерения $\mathbf{z}_k$ относительно измерения, ожидаемого от i-го ИРИ; $\mathbf{D}_{\text{и}k}^{(i)}$ – корреляционная матрица шумов измерений; $\mathbf{D}_{\mathbf{x}k}^{(i)}$ – корреляционная матрица шумов состояния.

Для «старых» неотождествленных объектов оценивание координат состояния в момент t_k состоит в экстраполяции значений вектора $\hat{\mathbf{x}}_k^{(i)}$

оценки и матрицы $\mathbf{D}_k^{(i)}$ апостериорных дисперсий с предыдущего момента времени t_{k-1} на текущий момент t_k:

$$\hat{\mathbf{x}}_k^{(i)} = \mathbf{f}(\hat{\mathbf{x}}_{k-1}^{(i)}, \Delta t_{k|k-1}),$$
$$\mathbf{D}_k^{(i)} = \mathbf{\Phi}_{k|k-1}^{(i)} \mathbf{D}_{k-1}^{(i)} \left[\mathbf{\Phi}_{k|k-1}^{(i)} \right]^{\mathrm{T}} + \mathbf{D}_{\mathbf{x}k}^{(i)}. \quad (9)$$

Для «новых» отождествленных объектов оценивание координат состояния состоит в формировании вектора начальной оценки $\hat{\mathbf{x}}_{0k}^{(i)}$ и матрицы $\mathbf{D}_{0k}^{(i)}$ дисперсий ошибок начального оценивания, используемых для завязки трассы конкретного объекта в пространстве состояний. Указанные начальные оценки предлагается формировать на основании данных активной радиолокации.

4. Результаты моделирования

На рис. 2 представлены результаты моделирования работы рассмотренного алгоритма многоцелевого сопровождения для случая сопровождения трех подвижных воздушных маневрирующих объектов. На рисунке представлены траектории наблюдаемых объектов (кривые 1), оцененные траектории этих объектов (кривые 2), траектория самолета-носителя системы радиомониторинга (прямая 3).

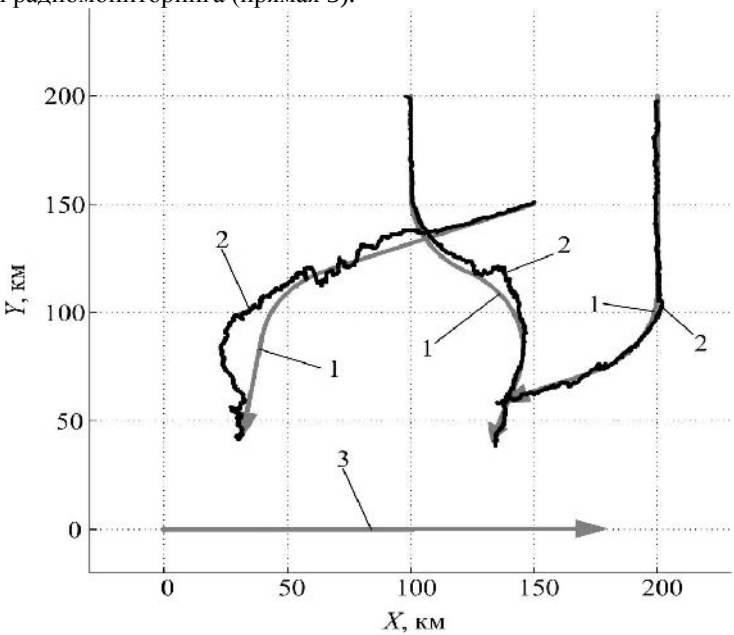


Рис. 2

Следует отметить, что при сопровождении объектов с помощью угломерных систем важную роль играют траектории взаимного движения самолета-носителя и объекта. В случае, когда угол ψ (рис. 3) между направлением на объект и его курсом приближается к 90º, точность сопровождения ухудшается вплоть до срыва. Это связано с тем, что в этом случае отмеченная на рисунке овалом Ω область возможных местоположения объекта, определяемая на основании ошибок оценки скорости, располагается вдоль линии пеленга. В таком случае возможно некорректное уточнение оценки местоположения по поступившему измерению, что по мере поступлений измерений может привести к формированию ложной траектории и, в конечном счете, к срыву сопровождения.

Для иллюстрации описанного случая на рис. 4 представлены результаты моделирования. Из рисунка видно, что имеет место срыв сопровождения, что связано с вышеупомянутыми причинами.

На рис. 5 представлена зависимость угла между направлением на объект и его курсом от времени. Из рисунка можно видеть, что угол ψ после 300 с приближается к значению 90º, что соответствует моменту, когда наступает срыв сопровождения, который можно видеть на рис. 4.

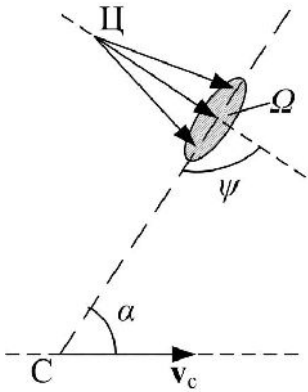


Рис. 3.

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

Разработанный алгоритм позволяет осуществлять устойчивое и достоверное многоцелевое трассовое сопровождение воздушных маневрирующих объектов при наличии начальных оценок их координат состояния;

Когда угол между направлением на объект и вектором его скорости приближается 90º, точность и достоверность сопровождения ухудшается вплоть до срыва.

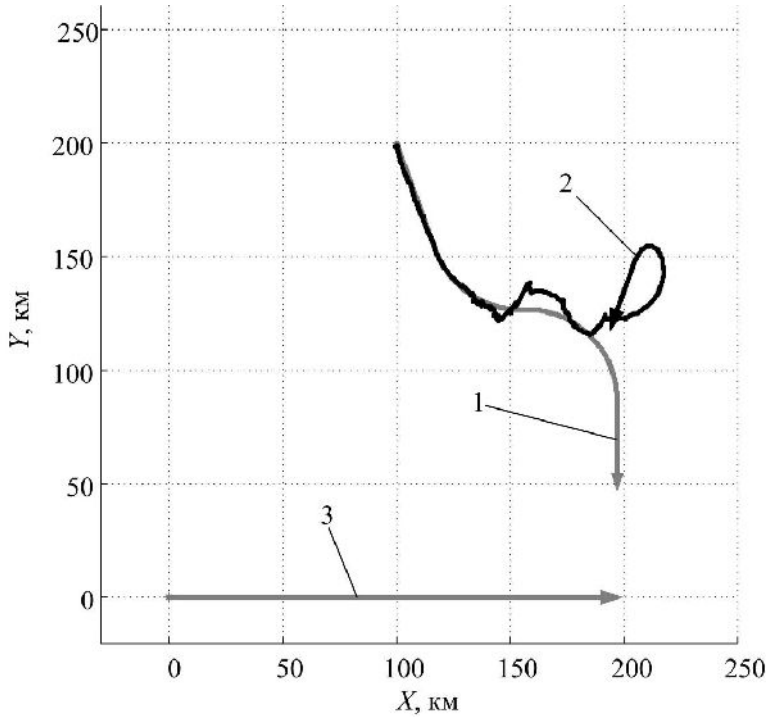

250
200
150
100
50
0
Y, км
0
50
100
150
200
250
X, км
1
2
3

Рис. 4.

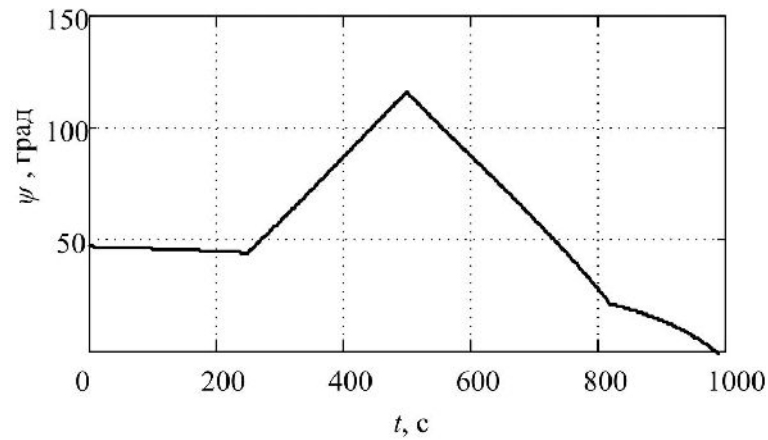

150
100
50
ψ , град
0
200
400
600
800
1000
t, с

Рис. 5.

Библиографический список

1. В.С. Верба, В.И. Меркулов. Проблемы разработки мобильных многодатчиковых систем мониторинга окружающего пространства. // Полёт. 2015. №5.
2. Верба В.С., Меркулов В.И., Белов С.Г., Белик Б.В. и др. Комплексы с беспилотными летательными аппаратами. Состояние и перспективы. Монография. Книга 2. / Под ред. Вербы В.С. М.: Радиотехника, 2016.
3. Авиационные системы радиоуправления: учебник для военных и гражданских ВУЗов и научно-исследовательских организаций. / В.И. Меркулов, В.С. Чернов, В.А. Гандурин, В.В. Дрогалин, А.Н. Савельев. Под ред. В.И. Меркулова. М.: Изд. ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского. 2008.
4. Верба В.С., Меркулов В.И., Дрогалин В.В. и др. Оценивание дальности и скорости в радиолокационных системах. Ч.3. / Под ред. В.С. Вербы и В.И. Меркулова. – М.: Радиотехника. 2010.
5. Ярлыков М.С., Богачев А.С., Меркулов В.И., Дрогалин В.В. Радиоэлектронные комплексы навигации, прицеливания и управления вооружением летательных аппаратов. Т.1. / Под ред. М.С. Ярлыкова. М.: Радиотехника. 2012.
6. Белик Б.В., Белов С.Г. Использование калмановской фильтрации для слежения за источниками радиоизлучения в системе радиомониторинга воздушного базирования // Динамика сложных систем. 2016. №3.
7. Бар-Шалом Я. Траекторная обработка. Принципы, способы и алгоритмы: в 2 ч. / Я. Бар-Шалом, Х.-Р. Ли; [пер. с англ. Д.Д. Дмитриева]. – М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. – 239 с.

MULTITARGET TRACKING OF MANEUVERING RADIO-EMITTING OBJECTS USING MONOSTATIC AIRBORNE RADIO MONITORING SYSTEMS

© B.V. Belik, S.G. Belov
JSC "Radioengineering Corporation "Vega", Moscow, Russia
e-mail: boris_belik@mail.ru

Abstract. The task of multi-target tracking of maneuvering radio-emitting objects using monostatic airborne radio monitoring systems has been accomplished. Synthesis of the algorithm for multi-target tracking of maneuvering radio-emitting objects based on the angular observations is carried out. Based on the simulation, the efficiency of the developed algorithms was investigated.

Key words: multitarget tracking, radio-emmiting object, radio monitoring system, angular position measurement, Kalman filter.

УДК 621.396.988.1

КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ ИНЕРЦИАЛЬНЫХ И СПУТНИКОВЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ В ЗАДАЧАХ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ НАВИГАЦИИ

© В.К. Орлов, В.С. Рамаданов
Санкт-Петербургский Государственный Электротехнический Университет, Санкт-Петербург, Россия
e-mail: vsramadanov@etu.ru

Аннотация. Рассматриваются возможности применения различных алгоритмов комплексирования инерциальных и спутниковых навигационных систем, установленных на одном носителе, для задач относительной навигации. Изложены различия условий комплексирования на одиночном носителе от условий в системах относительной навигации, и степень их влияния на функциональность и структуру алгоритмов комплексирования со слабой и сильной интеграцией.

Ключевые слова. Относительная навигация, комплексирование БИНС и СРНС, фильтр Калмана, расширенный фильтр Калмана, ансцентная фильтрация.

Введение

Относительной навигацией (ОН) называется раздел навигации, занимающийся определением взаимного положения подвижных объектов. В локальных радиотехнических системах относительной навигации (ЛРТС ОН) наибольшая точность измерения взаимных координат достигается при работе в неавтономном режиме [1]. Это подразумевает обмен между участниками данными о местоположении, полученными от различных навигационных систем (НС). Основными источниками навигационных данных для ЛРТС ОН являются спутниковые радионавигационные (СРНС), бесплатформенные инерциальные (БИНС) системы и радиодальномеры. Особенности применения указанных НС в задачах ОН хорошо освещены в [1].

1.Особенности вторичной обработки информации в системах ОН

Алгоритмы комплексирования БИНС и СРНС одного носителя разрабатываются давно и показывают высокую эффективность. Установка аппаратуры НС на одном носителе позволяет использовать внутренние протоколы обмена, гарантирующие целостность и большой объем передаваемых данных при высокой скорости обмена. Вычислительная сложность используемых алгоритмов определяется возможностями бортового вычислителя (БВ) и может быть довольно высокой.

Специфика вторичной обработки информации в ЛРТС ОН заключается в том, что данные между участниками передаются через радиоканал информационного обмена (ИО). Это накладывает существенные ограничения на объем передаваемых данных и частоту обновления информации, вызываемые сложностью организации синхронизации и множественного доступа в канале ИО [2].

Вычислительная сложность используемых алгоритмов комплексирования ограничена большей размерностью задачи – необходимо производить отдельные вычисления для каждого абонента ЛРТС ОН [1,2].

Таким образом, алгоритм, успешно применяемый при комплексировании БИНС и СРНС на одном носителе, может оказаться непригодным для задач ЛРТС ОН ввиду низкой точности ввиду описанных выше проблем.

2. Алгоритмы со слабой интеграцией

Алгоритмы слабой интеграции подразумевают использование комплексного фильтра для формирования выходной оценки, на входы которого поступают данные от независимых НС. Структура рассматриваемого фильтра представлена на рис. 1. Здесь роль независимых источников данных выполняют вычитатели, на входы которых подаются показания БИНС и СРНС, при этом на выходах получаются относительные координаты $X_{БИНС}$ и $X_{СРНС}$ (здесь и далее под X понимаются относительные координаты). Далее, после фильтрации получается оценка взаимного положения $\hat{X}$.

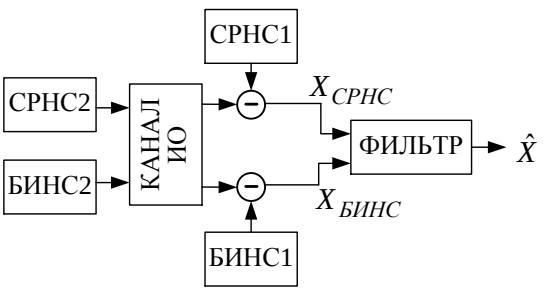


Рис. 1.

Пример описания современной перспективной БИНС второго класса точности (с предоставлением материалов натурных испытаний) можно найти, например, в [3]. На рис.2 изображен ряд типичных кривых погрешностей формирования долготы БИНС второго класса точности в режиме инерциальной навигации (штрихом изображены границы допустимой для второго класса ошибки).

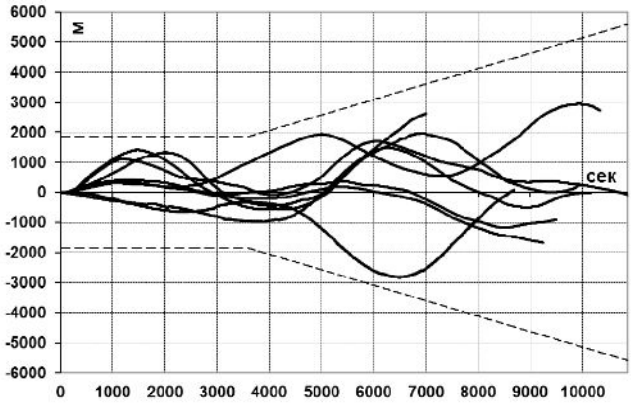


Рис. 2.

Для синтеза алгоритма необходимо иметь модели ошибок БИНС и СРНС. Известно, что ошибка СРНС может быть с достаточно высокой точностью описана нормальной случайной величиной:

$$X_{СРНС} = X + \xi_1 + \xi_2, \qquad (1)$$

где X – истинные взаимные координаты, ξ_1 и ξ_2 – случайные независимые гауссовы величины, ошибки СРНС1 и СРНС2.

Ошибка БИНС может быть представлена как:

$$X_{БИНС} = X + \zeta_1(t) + \zeta_2(t), \qquad (2)$$

где $\zeta_1(t)$ и $\zeta_2(t)$ –погрешности формированияБИНС1 и БИНС2:случайные процессы, имеющие вид кривых, представленных на рис. 2.

Алгоритм формирования оценки $\hat{X}$ строится следующим образом. Вычитая из (2) (1), получаем ошибку определения относительных координат по БИНС, зашумленную погрешностями СРНС1 и СРНС2. Далее, с помощью фильтра Калмана (ФК) получаем оценку дрейфа БИНС. Оценка $\hat{X}$ получается путем вычитания из (2) выхода ФК. Схема такого фильтра представлена на рис. 3.

Описанный алгоритм, представленный на рис. 3, в чистом виде на практике применяется редко. Причинами служат непостоянство дисперсии ошибок СРНС ξ_1 и ξ_2 (причины применительно к задачам ЛРТС ОН описаны в [1]), так и поведения $\zeta_1(t)$ и $\zeta_2(t)$, в общем случае зависящие от маневра носителя. Для устранения этих недостатков применяются различные модификации ФК, например описанные в [4]. Каждая модификация уменьшает дисперсию ошибки $\hat{X}$, при непостоянной дисперсии данных СРНС, значительно увеличивая при этом вычислительную сложность алгоритма.

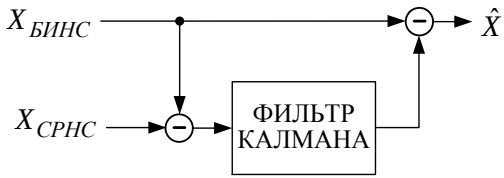


Рис. 3.

3. Алгоритмы с глубокой интеграцией

Большую точность работы показывают так называемые алгоритмы глубокого комплексирования. Данные алгоритмы называются глубокими, т.к. включают обратную связь с источниками данных. Однако коррекция навигационных систем носителя по данным ОН трудно реализуема и имеет мало практического смысла, поэтому в задачах ОН под алгоритмами глубокой интеграции целесообразно понимать алгоритмы, в основе лежит нелинейное оценивание дрейфа и шумов гироскопов и акселерометров – чувствительных элементов (ЧЭ) БИНС. По причине отсутствия обратных связей структура такого фильтра оказывается аналогичной рис. 1.

Модель ошибки СРНС в данном случае остается неизменной, т.е. принимается соответствующей выражению (1). Модель ошибки БИНС претерпевает значительные изменения. Фильтрация линейным ФК ошибки, выраженной согласно (2), требует допущения о том, что процессы $\zeta_1(t)$ и $\zeta_2(t)$ являются Марковскими. В алгоритмах с глубокой интеграцией Марковскими процессами представляются ошибки ЧЭ БИНС:

$$e_h = b_h + \xi \tag{3}$$

$$e_a = b_a + \zeta, \tag{4}$$

где e_h и e_a – ошибки гироскопов и акселерометров соответственно, ξ и ζ – гауссовы случайные независимые величины, представляющие собой шумы датчиков. b_h и b_a – дрейф гироскопов и акселерометров, определяемые на k-том шаге следующими выражениями:

$$b_h(k) = b_h(k-1) + \mu \tag{5}$$

$$b_a(k) = b_a(k-1) + \nu, \tag{6}$$

где μ и ν – нормальные случайные величины, отражающие случайное приращение дрейфа в единицу времени.

Структура фильтра алгоритма с глубокой интеграцией в приложении к ЛРТС ОН приведена на рис. 4.

В большинстве случаев применения алгоритмов с глубокой интеграцией для оценки e_h и e_a по (3)-(6) используется расширенный ФК (РФК). РФК основан на линеаризации матриц наблюдения и перехода. Пример использования

РФК для комплексирования БИНС и СРНС на одном носителе представлен, например, в [5]. Обычно РКФ использует две тактовых частоты: около 1 кГц для экстраполяции по данным БИНС, и порядка 10Гц для коррекции по данным СРНС, вычисляя на каждом такте ёмкие операции обращения матриц и расчет якобиана[7]. Однако, как указывалось выше, такая реализация для ЛРТС ОН не подходит по причине значительно более низкой частоты обновления данных (от 0,2 до 1с. [1,2]) и структуры самих данных.

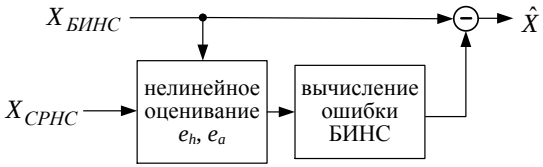


Рис. 4

РКФ, способный комплексировать разнородные данные, связанные нелинейно, имеет следующие недостатки: линеаризация модели динамической системы и нормализация закона распределения невязки. По этим причинам в последнее время находит применение другой, так называемый, ансцентный фильтр (АФ) [6]. Данный алгоритм основывается на ансцентном преобразовании [7] – синтезе матриц ковариации ошибок путем осреднения специально генерируемой статистики, набора сигма-точек. Далее на основе полученной матрицы ковариации происходит расчет коэффициента передачи. При этом не происходит нормализации закона распределения ошибки как в РКФ [6]. В работе [7] был разработан такой фильтр. Также было обнаружено, что для задач комплексирования БИНС и СРНС одного носителя при росте вычислительной нагрузки точность работы не превосходит обычный РКФ. Однако, в [8] показано, что при значительном увеличении временного шага (что характерно для ЛРТС ОН) АФ превосходит по точности РКФ.

Заключение

Подводя итог, можно сказать, что специфика работы ЛРТС ОН делает довольно привлекательными линейные алгоритмы на основе ФК, в первую очередь из-за их невысокой вычислительной сложности. Они могут быть применены без особых модификаций относительно комплексирования на одном носителе. Однако в случае необходимости применения более точных алгоритмов глубокого комплексирования, напротив, они должны подвергаться значительным модификациям. Малый объем передаваемых данных не позволит обмениваться псевдодальностями СРНС и показаниями ЧЭ БИНС, что приведет к необходимости синтеза алгоритма отличного от представленного в [5,7].

Таким образом, можно заключить, что, несмотря на большую проработанность вопросов комплексирования БИНС и СРНС для одного носителя, в ЛРТС ОН этот вопрос остается открытым.

Библиографический список

1. Орлов В. К., Герчиков А. Г., Чернявский А. Г. Локальные радиотехнические системы межсамолетной навигации / СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2011. 122 с.

2. Синхронизация и многостанционный доступ в локальных радиотехнических системах относительной навигации / В. К. Орлов, Н. Е. Липаков, В. С. Рамаданов, Е. Г. Шанин.— СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2016. 129 с.

3. Кузнецов А.Г., Портнов Б.И., Измайлов Е.А. Современные бесплатформенные инерциальные навигационные системы двух классов точности // Навигация и управление летательными аппаратами, 2014 №8.

4. Smeh N., EI-Sheimy N. A combined algorithm of improving INS error modeling and sensor measurements for accurate INS/GPS navigation // GPS Solutions, vol. 10, 2006, стр. 29-39.

5. Шатилов А.Ю., Нагин И.А. Тесносвязанный алгоритм комплексирования НАП СРНС и многоцелевой ИНС // Радиотехника. 2012 №6.

6. Julier S. J., Uhlmann J. K., Unscented filtering and nonlinear estimation // Proceedings of the IEEE, vol. 92, no. 3, pp. 401–422, 2004.

7. Нагин И.А. Комплексный инерциально-спутниковый алгоритм вторичной обработки на основе метода «unscented» фильтрации // Радиотехника. 2013 №5.

8. Куликов Р.С. Сравнение точностей нелинейной фильтрации в расширенном фильтре Калмана и в ансцентном фильтре // Радиотехника. 2016 №9.

INERTIAL AND SATELLITE NAVIGATION SYSTEM COMPLEXING IN RELATIVE NAVIGATION PROBLEM

©V.K. Orlov, V.S. Ramadanov
Saint Petersburg Electrotechnical University "LETI", St. Petersburg, Russia
e-mail: vsramadanov@etu.ru

Abstract. Possibilities of using inertial and satellite navigation systems complexing algorithms for single vehicle for relative navigation are considered. Differences between single vehicle and relative navigation working conditions are represented, also power of their influence to weak and strong integration algorithms.

Keywords. Relative navigation, SINS and GPS complexing, Kalman filter, extended Kalman filter, unscented filtering.

УДК 006.924.4

СИСТЕМА СРАВНЕНИЯ И СИНХРОНИЗАЦИИ ШКАЛ ВРЕМЕНИ ЭТАЛОНОВ ЧАСТОТЫ И ВРЕМЕНИ УДАЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

© С.С. Донченко, О.В. Колмогоров, Д.В. Прохоров, А.Н. Щипунов, С.Г. Буев
ФГУП «ВНИИФТРИ», Менделеево Московская обл.,
e-mail: nio8@vniiftri.ru

Аннотация. Предложен способ сравнения и синхронизации шкал времени удаленных эталонов наземных объектов с помощью системы встречных сравнений с использованием оптоволоконной линии связи. На каждом из объектов происходит излучение оптических импульсов в оптоволоконную линию, в шкале времени каждого объекта определяются моменты времени излучения импульсов с этого объекта и моменты времени приема импульсов, пришедших по оптоволоконной линии с другого объекта. На основании полученных данных определяется расхождение шкал времени объектов. Предложена схема системы, реализующей указанный способ, показана возможность синхронизации шкал времени с погрешностью не более 100 пс.

Ключевые слова. Шкалы времени, сравнение и синхронизация, эталоны частоты и времени, оптоволоконная линия связи.

Системы синхронизации шкал времени эталонов времени и частоты удаленных объектов являются важной составляющей средств метрологического обеспечения ГНС ГЛОНАСС. Они также применяются для синхронизации шкал времени измерительных средств полигонов и комплексов, для синхронизации эталонов частоты и времени, используемых в системах передачи информации.

В состав комплекса средств, обеспечивающих контроль и определение характеристик средств измерений из состава системы ГЛОНАСС входят, в том числе, средства метрологического обеспечения системы синхронизации шкал времени глобальной навигационной системы (ГНС) ГЛОНАСС, а также радиотехнические средства, обеспечивающие контроль характеристик космического сегмента. К ним относится, в частности, комплекс метрологического обеспечения средств оценки характеристик беззапросных и запросных измерительных средств. Для решения задачи оценки характеристик указанных средств необходима высокоточная синхронизация шкал времени (ШВ), а именно ШВ комплекса с ШВ Государственного пер-

вичного эталона единиц времени, частоты и национальной шкалы времени.

Также одним из средств фундаментального обеспечения ГЛОНАСС являются высокоточные системы лазерной дальнометрии – квантово-оптические станции (КОС), которые обеспечивают решение целевых задач в части уточнения фундаментальных астрономо-геодезических параметров, достижения уровня точности привязки Государственной геоцентрической системы координат (ГГСК) к центру масс Земли, высокоточного определения параметров связи ГГСК с Международной общеземной системой координат, а также прецизионного согласования шкал времени ГЛОНАСС с ШВ Государственного первичного эталона единиц времени, частоты и национальной шкалы времени. Для обеспечения требуемой точности при решении задач дальнометрии КОС оснащены водородными стандартами времени и частоты, используемыми в качестве хранителей локальных шкал времени. Для решения задач контроля ШВ космических аппаратов ГЛОНАСС локальные шкалы времени КОС должны быть с максимально возможной точностью синхронизированы с национальной шкалой координированного времени UTC (SU) или с ШВ центрального синхронизатора системы ГЛОНАСС.

На сегодняшний день наилучшую точность синхронизации шкал времени удаленных объектов на дистанциях в несколько сотен километров обеспечивают системы, использующие волоконно-оптические линии связи (ВОЛС) между объектами. Различные способы характеризуются случайной погрешностью синхронизации, выраженной в виде среднего квадратического отклонения, от 50 пс на дистанциях до 5 км и до 100-120 пс на дистанциях порядка 100 км. В работе [1] была предложена система одно- и двусторонних сравнений шкал времени (СОДС ШВ) [2]. Преимуществами СОДС ШВ по сравнению с другими системами является использование одного оптического волокна, алгоритмическое исключение времени прохождения оптического импульса в волокне, исключение влияния нестабильности временного положения фронтов импульсов генератора импульсов и лазерного передающего модуля на точность сравнения, возможность поэлементной калибровки системы.

В настоящее время СОДС ШВ эксплуатируется в составе стационарного комплекса метрологического обеспечения навигационных космических аппаратов системы ГЛОНАСС [3]. Проведенные экспериментальные исследования СОДС ШВ [4] показали, что случайная погрешность системы, выраженная в виде СКО, не превышает 10-15 пс, а достижимый уровень неисключенной систематической погрешности составляет 10-20 пс. При этом показана работоспособность системы на дистанции до 30 км, и выявлено, что выбор энергетических и спектральных характеристик волоконно-оптических устройств может позволить увеличить расстояние меж-

ду объектами, однако это может сопровождаться увеличением случайной погрешности из-за необходимости работы с оптическими сигналами малых уровней интенсивности. Принципиальным фактором, ограничивающим дальность действия СОДС ШВ, является то, что мощность импульсов с лазерного передающего модуля делится полупрозрачным зеркалом между двумя фотоприемными модулями и отраженные импульсы проходят по ВОЛС двойной путь, испытывая двойное ослабление.

Для повышения дистанции синхронизации шкал времени более чем в два раза по сравнению с СОДС ШВ, при практически той же погрешности синхронизации, авторами разработана система встречных сравнений шкал времени СВС ШВ [5]. Структурная схема СВС ШВ для синхронизации шкалы времени объекта 2 со шкалой времени объекта 1 приведена на рис.1.

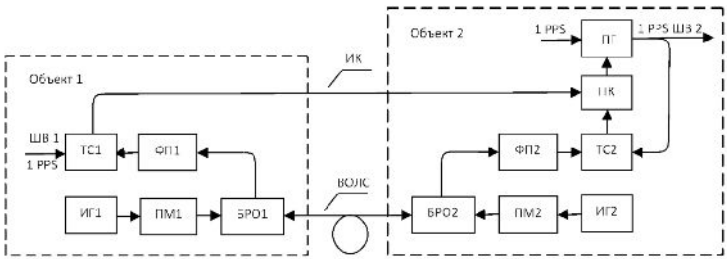


Рис. 1. Функциональная схема СВС ШВ.
ШВ 1 и ШВ 2 – шкалы времени, ТС1 и ТС2 – таймеры событий, ФП1 и ФП2 – фотоприемники, ИГ1 и ИГ2 – импульсные генераторы, ПМ1 и ПМ2 – передающие модули, БРО1 и БРО2 – блок разветвителей-объединителей, ИК – информационный канал, ВОЛС – волоконно-оптическая линия связи, ПК – компьютер, ПГ – промежуточный генератор.

Шкала времени первого объекта (ШВ1) формируется эталоном единиц времени и частоты (ЭВЧ) в виде физических сигналов 1 PPS (секундные метки времени). В качестве формирователя шкалы времени второго объекта (ШВ2) используется промежуточный генератор (ПГ), на вход которого со стандарта частоты поступает сигнал 1 PPS, не синхронизированный со шкалой времени первого объекта. Для синхронизации двух ШВ используется СВС ШВ. Связь между элементами СВС ШВ, размещенными на разных объектах, осуществляется по ВОЛС, проложенной между этими объектами, и по информационному каналу (ИК).

На первом объекте в произвольные моменты времени с импульсного

генератора (ИГ1) на лазерный передающий модуль (ПМ1) с определенной частотой поступают электрические импульсы, которые ПМ1 преобразует в оптические импульсы. Каждый оптический импульс с ПМ1 поступает на вход блока разветвителей-объединителей (БРО1), некоторая часть мощности оптического импульса поступает в фотоприемник (ФП1) оптических импульсов первого объекта, основная часть мощности импульса поступает в оптоволоконную линию связи. Электрический сигнал с ФП1 поступает в таймер событий (ТС1) первого объекта, который фиксирует момент излучения оптического импульса t_1 в шкале времени первого объекта ШВ1 в виде секундных меток 1 PPS, которые также поступают в ТС1. Информация о моменте излучения оптического импульса t_1 по ИК, например, сети Ethernet, поступает в компьютер (ПК), расположенный на втором объекте.

Оптический импульс, пришедший с первого объекта по оптоволоконной линии связи на второй объект через БРО2, поступает в ФП2 второго объекта, который преобразует его в электрический сигнал, поступающий в ТС2 второго объекта. Также в ТС2 поступает сигнал 1 PPS с промежуточного генератора (ПГ), что позволяет определить время τ_1 прихода оптического импульса в шкале времени второго объекта ШВ2, формируемой ПГ. Информация о моменте прихода оптического импульса τ_1 направляется в ПК.

На втором объекте электрические импульсы с ИГ2 поступают на ПМ2, который преобразует их в оптические импульсы. Каждый оптический импульс с ПМ2 поступает на вход БРО2, некоторая часть мощности оптического импульса поступает в ФП2 второго объекта, основная часть мощности импульса поступает в ВОЛС. Электрический сигнал с ФП2 поступает в ТС2, который фиксирует момент излучения оптического импульса t_2 в шкале времени второго объекта, информация о моменте излучения оптического импульса t_2 с ТС2 поступают в ПК. Оптический импульс, пришедший по ВОЛС со второго на первый объект через БРО1, поступает в ФП1, который преобразует его в электрический сигнал, поступающий в ТС1, который определяет время τ_2 прихода оптического импульса в шкале времени первого объекта. Информация о моменте прихода оптического импульса τ_2 поступает по ИК в ПК.

За время цикла сравнения шкал времени с учетом различной частоты генерации импульсов или их длительности с помощью программного обеспечения определяется с какого объекта, − своего или противоположного, поступил данный импульс.

Временная диаграмма работы устройства показана на рисунке 2, где 1 и 2 – шкала времени первого и второго объектов соответственно, t^1 и t^2 – секундные метки 1 PPS шкал времени первого и второго объектов соответственно.

На основании данных о значениях t_1, t_2, τ_1, τ_2, определяется расхождение шкал времени удаленных объектов Δt по формуле:

$$\Delta t = \frac{t_1 - t_2}{2} + \frac{\tau_2 - \tau_1}{2}, \quad (1)$$

где t_1 – измеренное время излучения оптического импульса с первого объекта в шкале времени первого объекта,

t_2 – измеренное время излучения оптического импульса со второго объекта в шкале времени второго объекта,

τ_1 – измеренное время прихода оптического импульса с первого объекта на второй объект в шкале времени второго объекта,

τ_2 – измеренное время прихода оптического импульса со второго объекта на первый объект в шкале времени первого объекта.

На основе полученного значения расхождения шкал времени Δt ПК вырабатывает управляющую команду, по которой ПГ синхронизирует шкалу времени второго объекта со шкалой времени первого.

Усреднение данных за время цикла сравнения по каждой паре импульсов обеспечивает повышение точности сравнения и синхронизации шкал времени за счет уменьшения случайной составляющей погрешности, обусловленной шумами аппаратуры и оптоволоконной линии связи. Случайная составляющая погрешности СВС ШВ, выраженная в виде СКО, оценивается на уровне 10 – 30 пс.

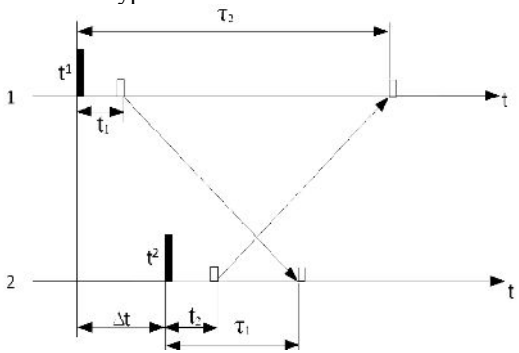


Рис. 2. Временная диаграмма работы СВС ШВ.

Неисключенная систематическая погрешность (НСП) СВС ШВ Θ_Σ зависит от погрешности измерений интервалов времени таймерами событий и погрешности определения аппаратурной поправки, учитывающей задержки в оптических кабелях и электронных устройствах системы. Для расчета НСП СВС ШВ используем выражение:

$$\Theta_\Sigma = 1{,}1\sqrt{\frac{1}{4}\Theta_{t_1}^2 + \frac{1}{4}\Theta_{t_2}^2 + \frac{1}{4}\Theta_{\tau_2}^2 + \frac{1}{4}\Theta_{\tau_1}^2 + \Theta_{АПП}^2}, \quad (2)$$

где Θ_{t_1} - погрешность измерений интервала времени t_1 таймером событий 1;

Θ_{t_2} - погрешность измерений интервала времени t_2 таймером событий 2;

Θ_{τ_1} - погрешность измерений интервала времени τ_1 таймером событий 2;

Θ_{τ_2} - погрешность измерений интервала времени τ_2 таймером событий 1;

$\Theta_{АПП}$ - погрешность определения аппаратурной поправки.

Значения НСП системы СВС ШВ, полученные в результате расчетов по формуле (2), приведены на графиках, представленных на рисунке 3. Из графиков следует, что НСП системы СОДС ШВ не превысит 100 пс при использовании таймеров событий с погрешностью 70 – 80 пс, а при использовании наиболее точных из существующих таймеров событий с погрешностью около 10 пс НСП системы составит 20 – 50 пс, что соответствует современным требованиям к наиболее точным системам синхронизации шкал времени.

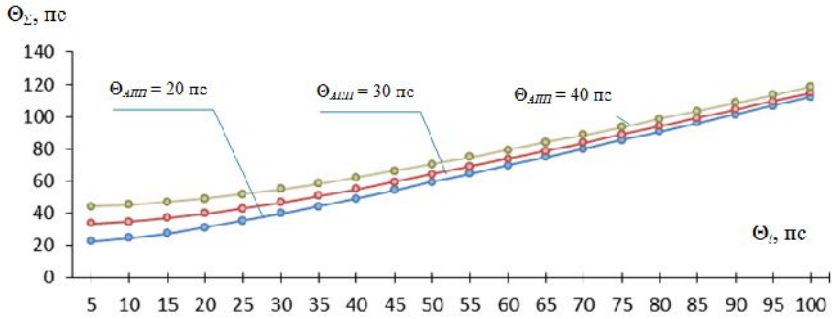


Рис. 3. Зависимость НСП системы СОДС ШВ Θ_Σ от погрешности таймеров событий Θ_t и погрешности определения аппаратурной поправки $\Theta_{АПП}$.

Для оценки абсолютной погрешности измерений расхождений шкал времени системой СВС ШВ Δ при доверительной вероятности 0,95 используем выражение:

$$\Delta = \pm 2\sqrt{\frac{1}{3}\Theta_\Sigma^2 + \sigma^2} \qquad (3)$$

Значения абсолютной погрешности измерений расхождений шкал времени системой СВС ШВ, полученные в результате расчетов по формуле (3), приведены на графиках, представленных на рисунке 4. Из графиков следует, что погрешность измерений расхождений шкал времени системой СВС ШВ (при доверительной вероятности 0,95) не превысит ± 150 пс при использовании таймеров событий с погрешностью Θ_t не более ± 100 пс, и

не превысит ± 100 пс при использовании таймеров событий с погрешностью Θ_t не более ± 50 пс. Кроме того, по результатам расчета выявлена возможность уменьшения погрешности измерений системы до значений 30 - 40 пс при использовании таймеров событий с погрешностью не более ± 15 пс и определении аппаратурной поправки с погрешностью не более ± 20 пс.

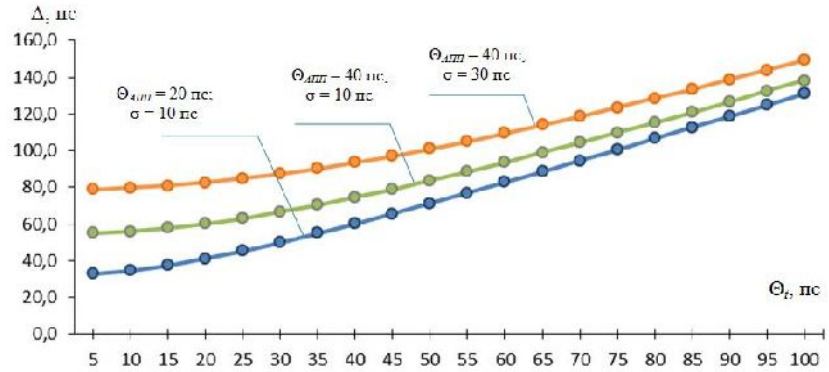


Рис. 4. Результаты расчета погрешности Δ системы СВС ШВ (при доверительной вероятности 0,95) в зависимости от погрешности таймеров событий Θ_t, погрешности определения аппаратурной поправки $\Theta_{АПП}$ и случайной погрешности σ, выраженной в виде СКО.

Оценки дальности действия СВС ШВ показывают, что применение стандартных приемных и передающих оптоволоконных модулей обеспечит дальность работы СВС ШВ не менее 100 км для стандартного оптического волокна SMF-28. Причем выявлено, что за счет выбора энергетических и спектральных характеристик волоконно-оптических устройств СВС ШВ на основе учета параметров ВОЛС, соединяющих пункты размещения синхронизируемых эталонов, можно значительно повысить дальность работы СВС ШВ.

Таким образом, применение СВС ШВ позволит:

- повысить точность синхронизации шкал времени между наземными пунктами по сравнению с существующими методами за счет применения ряда технических решений, отработанных в СОДС ШВ;

- обеспечить возможность сравнения или синхронизации шкал времени между объектами, расположенными на удалении 100 км и более за счет применения оригинальной схемы СВС ШВ с использованием встречного излучения оптических импульсов.

Библиографический список

1. С.С. Донченко, О.В. Колмогоров, Д.В. Прохоров. Система одно- и двухсторонних сравнений шкал времени. Измерительная техника, № 1, 2015.

2. Пат. 2 547 662 РФ. Способ сличения шкал времени и устройство для его осуществления /О.В. Колмогоров Д.В. Прохоров; заявитель и патентообладатель ФГУП "ВНИИФТРИ" / Изобретения. Полезные модели. 2015. № 10.

3. Денисенко О.В., Федотов В.Н., Сильвестров И.С., Смирнов Ф.Р., Баженов Н.Р., Гериева Л.Б. Обеспечение единства измерений при развитии и использовании ГЛОНАСС. Измерительная техника, № 1, 2015.

4. С.С. Донченко, О.В. Колмогоров, Д.В. Прохоров. Экспериментальные исследования системы одно- и двухсторонних сравнений шкал времени по оптоволоконной линии связи. Тезисы докладов VI Научно-технической конференции «Прецизионные информационно-измерительные системы. Достижения и перспективы», 2016.

5. Пат. 2 604 852 РФ. Устройство для сравнения и синхронизации шкал времени /Д.В. Прохоров, О.В. Колмогоров, С.С. Донченко; заявитель и патентообладатель ФГУП "ВНИИФТРИ"/ Опубл. 10.12.2016, Бюл. № 34.

SYSTEM OF COMPARISON AND SYNCHRONIZATION OF TIME SCALES OF FREQUENCY TIME STANDARDS OF REMOTE OBJECTS

© S.S. Donchenko, O.V. Kolmogorov, D.V. Prokhorov, A.N. Schipunov, S.G. Buev
Russian metrological institute of technical physics and radio engineering FSUE "VNIIFTRI"
Mendeleevo, Moscow region, Russia
e-mail: nio8@vniiftri.ru

Abstract. Method of remote ground-based objects time scales comparison and synchronization by means of oncoming comparisons system via the fiber-optical communication line is offered. On each of objects optical pulses are emitted into the fiber-optical line, timepoints of pulses radiation and timepoints of pulses reception, received via the fiber-optical line from other object, in a time scale of each object are defined. On the basis of obtained data the objects time scales divergence is defined. The scheme of the system, realizing the specified method is offered and the possibility of time scales synchronization with uncertainly less 100 ps is shown.

Keywords. Time scale; comparison; synchronization; optical fiber; frequency and time standard.

УДК 621.396.96

РАДИОЛОКАЦИОННАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА МОРСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ С ПОВЫШЕННЫМ УГЛОВЫМ РАЗРЕШЕНИЕМ

© А.В. Безуглов, В.И. Веремьев, Е.Н. Воробьев
Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ», Санкт-Петербург, Россия
e-mail: vervladiv@gmail.com

Аннотация. Рассматривается вариант модернизации навигационной РЛС для решения задач гидрографического мониторинга. Модернизация предполагает когерентизацию импульсной навигационной РЛС, разработку и изготовление дополнительного приемного модуля для получения радиолокационной информации с улучшенными характеристиками углового разрешения и параллельным обзором нескольких участков морской поверхности. Приводится описание предлагаемой системы и результаты моделирования системы уточнения угловых координат.

Ключевые слова. Морская поверхность, РЛС наблюдения, угловое разрешение, антенная решетка.

В последние годы активно развиваются методы и средства контроля гидрографических параметров морской поверхности. Одно из наиболее перспективных направлений – использование радиолокационных методов мониторинга, позволяющих дистанционно оценивать динамические характеристики морской поверхности – волнение, поверхностное течение и направление приповерхностного ветра [1]-[7].

При создании РЛС наблюдения за морской поверхностью, особенно учитывая желание увеличить количество точек измерений, следует принимать во внимание стоимостные и организационные ограничения. Поэтому РЛС наблюдения за морской поверхностью обычно строится на основе судовых навигационных РЛС. Построение измерительного инструмента на основе судового радара снижает стоимость самой дорогой (излучающей) части и снимает вопросы по получению разрешения на электромагнитное излучение, так как работа судовых радаров уже регламентирована и имеются все разрешительные документы.

Судовые радары, особенно те, что предназначены для малых судов, имеют ограничение на размер антенны a, следовательно, и на разрешающую способность по азимуту.

Кроме того, для получения в реальном времени динамических характеристик морской поверхности - морского волнения, направления ветра и скорости течений необходимо, чтобы РЛС работала в когерентном режиме

[1], [3]. Однако традиционные навигационные РЛС, как правило, некогерентные.

С целью улучшения качества измерений предлагается дополнить судовой радар отдельным приемным блоком, при этом не вносится никаких конструктивных изменений в сам радар (рис. 1). Это открывает возможность использования уже установленных береговых и судовых радаров для организации измерений параметров морской поверхности.

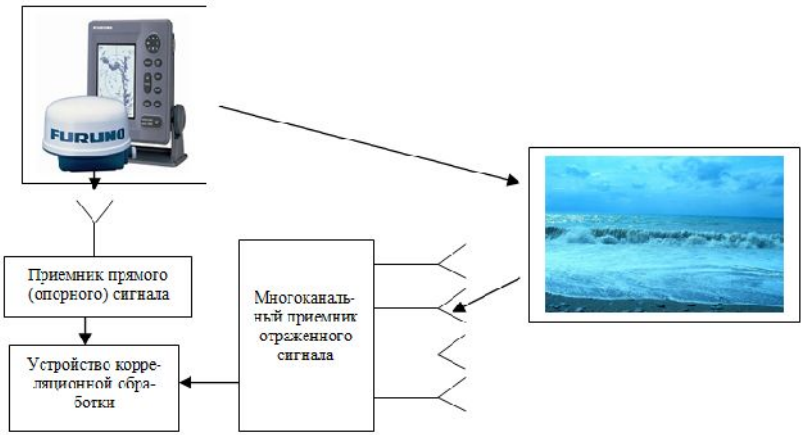


Рис.1. Геометрия модернизированной РЛС наблюдения за морской поверхностью

Дополнительный приемный блок решает задачи:

- когерентность – реализация эквивалентной когерентности (получение информации по доплеровскому спектру отраженного сигнала);
- повышение разрешающей способности по азимуту;
- повышение энергопотенциала станции, что расширяет площадь проведения измерений.

1. Радар с эквивалентной когерентностью

Преимущества когерентной РЛС перед обычным судовым радаром состоит в возможности получения в реальном времени динамических характеристик морской поверхности - морского волнения, направления ветра и скорости течений, а так же измерении батиметрии в прибрежных акваториях. Кроме этого, отношение сигнал/шум для отраженного сигнала в 1,5 раза выше по сравнению с некогерентным радаром. В качестве примера на рис.2 представлены результаты измерений мгновенной батиметрии и поля поверхностных течений в прибрежной акватории Северного моря [8].

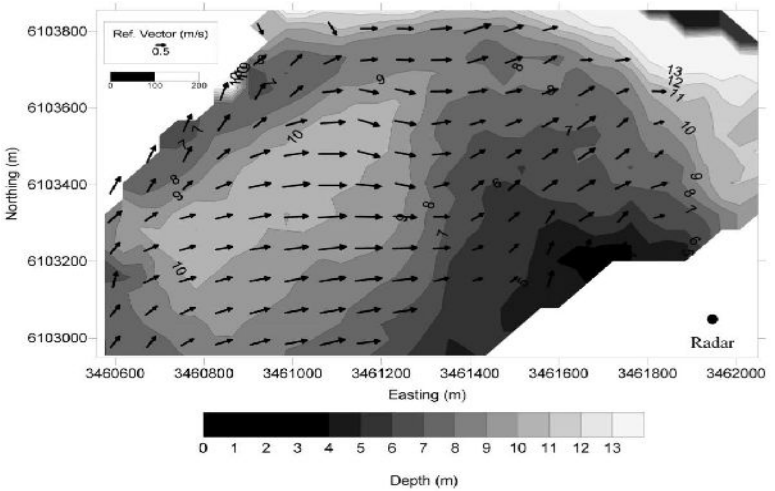


Рис.2. Изолинии измерений мгновенной батиметрии и поля поверхностных течений

Эквивалентная когерентность давно и успешно реализуется в РЛС с селекцией подвижных целей. Реализация ее в цифровом виде эквивалентна классической корреляционной обработке, когда в качестве опорного сигнала выступает оцифрованный зондирующий сигнал. Такая обработка инварианта к типу сигнала, и ее можно использовать для подсвета цели любым источником радиоизлучения.

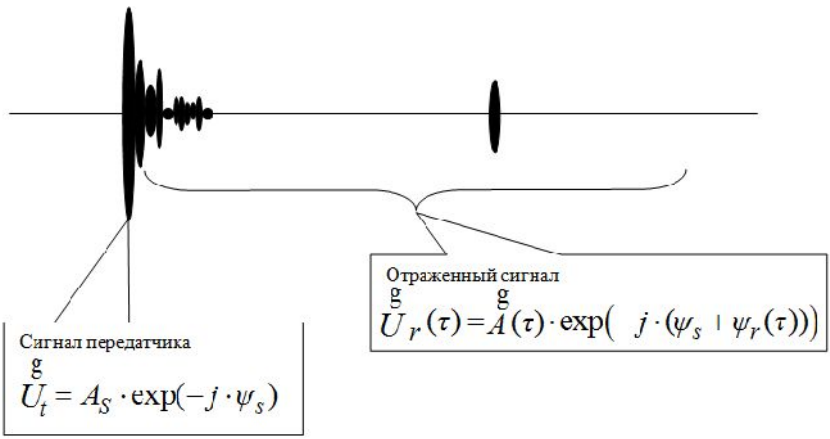


Рис.3. Зондирующий и отраженный сигнал импульсной РЛС.

В импульсном радаре с магнетронным передатчиком излучается импульс со случайной начальной фазой (рис.3). Для реализации эквивалентной когерентности, при обработке, начальная фаза зондирующего сигнала вычитается из фазы отраженного сигнала. В результате изменение фазы сигнала определяется только пространством распространения и параметрами отражающего объекта.

Когерентный сигнал с компенсированной случайной фазой передатчика:

$$\overset{g}{U}_{out}(\tau) = \overset{g}{U}_{r}(\tau) \cdot \frac{\overset{g}{U}^{*}_{t}}{|\overset{g}{U}_{t}|} \qquad (1)$$

Характеристики морской поверхности извлекаются из спектра сигнала. Для расчета спектра используется быстрое преобразования Фурье (БПФ) на каждой дальности (рис.4).

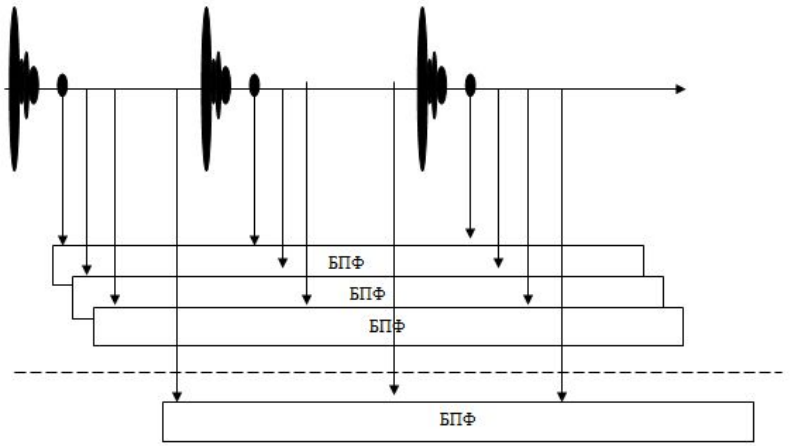


Рис.4. Схема расчета спектра.

2. Повышение разрешающей способности РЛС

Навигационные РЛС с магнетронным передатчиком могут иметь длительность импульса 40 нс, что эквивалентно разрешающей способности по дальности 6 метров. При ширине диаграммы направленности 8-футовой антенны в 0,95 градуса, на дальности 1 км, линейное разрешение по азимуту составляет уже 16,5 метров, что существенно хуже разрешения по дальности. Увеличение размеров антенны для улучшения разрешения по азимуту труднореализуемая задача, особенно на небольших кораблях.

Предлагаемая идея повышения разрешающей способности по азиму-

ту заключается в использовании разряженной малоэлементной фазированной антенной решетки (ФАР) большого размера (рис.5).

Так как приемная решетка – неподвижная, то можно увеличить ее площадь и линейные размеры, реализуя высокое разрешение по азимуту.

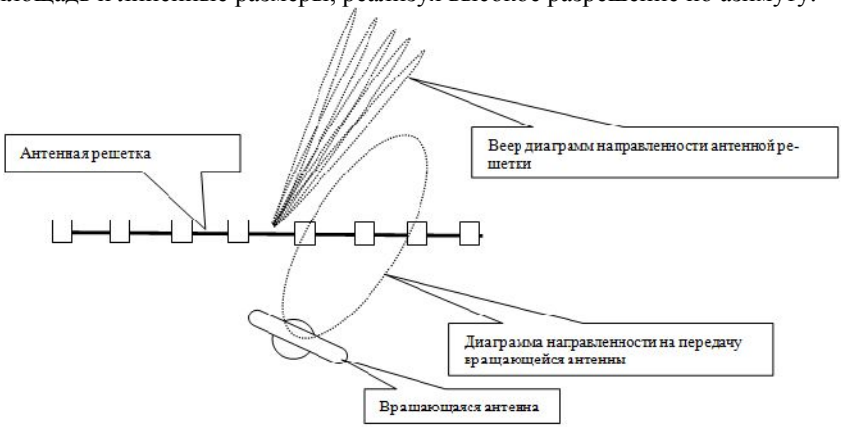


Рис.5. Схема РЛС с дополнительной антенной решеткой

Высокая точность измерения угла обеспечивается тем, что элементы такой антенной решетки стоят с большим шагом, много большим длинны волны. Такая ФАР имеет многолепестковую диаграмму направленности (ДН), но с узким главным лепестком. Это могло бы привести к неоднозначности измерения угла, но шаг расстановки элементов решетки выбран таким, что неоднозначность измерения угла не превышает ширину диаграммы направленности антенны РЛС облучающей цель.

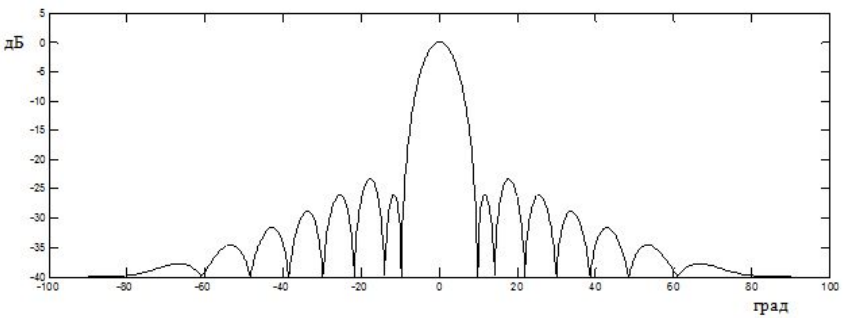


Рис.6. Диаграмма направленности передающей антенны навигационной РЛС

Интегральная приемопередающая диаграмма антенны будет меньше исходной диаграммы РЛС в такое количество раз, сколько элементов будет использовано в антенной решетке.

Рассмотрим пример. Пусть длина передающей антенны равна 24 см, что эквивалентно самым маленьким 1-футовым антеннам РЛС типа FURUNO M1623. При длине волны 3 см, при таких размерах апертуры антенны можно сформировать диаграмму направленности, изображенную на рис.6.

На рис.7 приведена диаграмма направленности для фазированной 16-элементной антенной решетки. При шаге следования элементов 0,12 м общая длина решетки получилось 1,92 м. Для снижения уровня боковых лепестков проведена весовая обработка.

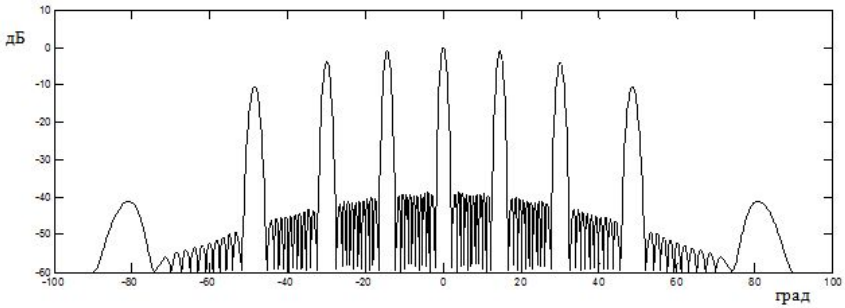


Рис.7. Диаграмма направленности фазированной 16-элементной антенной решетки.

Формирование диаграммы в цифровом виде позволяет получить существенно более низкий боковой лепесток, чем тот, который удается сформировать для судовых антенн.

Результирующая диаграмма, которая определяет разрешающую способность РЛС, получается при перемножении передающей и приемной диаграммы направленности.

$$F_{\Sigma}(\Psi) = F_{TX}(\Psi) \cdot \mathrm{F}_{RX}(\Psi) \qquad (2)$$

На рис.8 показан центральный участок результирующей ДН, диаграммы антенной решетки, и диаграммы передающей антенны.

Интерференционные максимумы приемной разряженной антенной решетки попадают на боковые лепестки передающей антенны. Поэтому результирующая диаграмма имеет низкий боковой лепесток на всех азимутах.

Так как ДН на передачу шире, чем приемная ДН, то можно организовать веер приемных диаграмм и накапливать сигнал одновременно с нескольких направлений, которые облучаются в данный момент времени, как показано на рис.9.

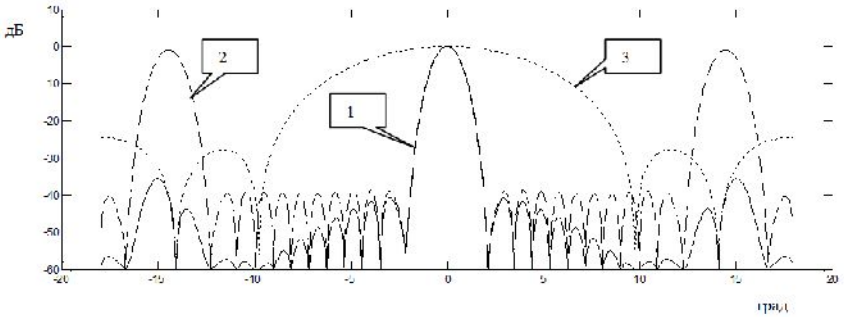


Рис.8. Центральный участок ДН: результирующая (кривая 1), антенной решетки (кривая 2), передающей антенны (кривая 3).

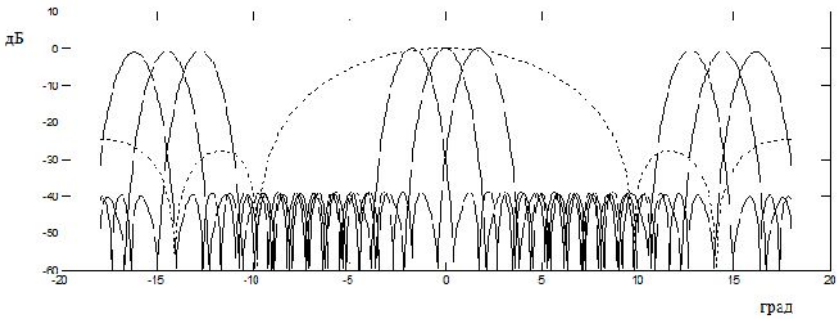


Рис.9. Передающая диаграмма направленности (штриховая линия), приемные диаграммы направленности (сплошная.)

Одновременное накопление сигнала в нескольких лучах позволит увеличить время накопления сигнала до времени, равному времени контакта с целью сигнала передающей антенны. Это позволяет кроме улучшения разрешения по азимуту сохранить энергопотенциал РЛС.

Важным преимуществом такой РЛС является то, что луч приемной антенной решетки неподвижен в течении времени накопления сигнала. В результате устраняется эффект размазывания отклика от цели по азимуту, который появляется при накоплении сигнала, получаемого от вращающейся антенны.

3. Повышение энергопотенциала РЛС

Дополнение РЛС разряженной цифровой решеткой дает максимальный эффект при комплексировании с малыми РЛС, размещаемыми на малых судах и катерах.

Антенный элемент дополнительной антенной решетки должен иметь ширину диаграммы направленности, близкую к 90 градусам в горизонтальной плоскости, и 20 градусов в вертикальной плоскости. При построении малоэлементной разряженной решетки необходимо повышение эффективной площади антенны (коэффициента усиления) при сохранении ширины ее диаграммы направленности. Поэтом следует использовать площадь между разряженными элементами.

Возникающее противоречие между шириной диаграммы направленности и размером апертуры аналогично противоречию в радиолокации между длительностью зондирующего импульса и шириной спектра сигнала. Для повышения энергии сигнала в радиолокации необходимо одновременно обеспечить большую длительность и ширину спектра. Применительно к антенне, необходимо обеспечить большую площадь апертуры (следовательно, эффективную площадь антенны) и широкую диаграмму. В радиолокации это противоречие решается за счет внесения дополнительной внутриимпульсной модуляции по фазе. Аналогично надо внести дополнительную модуляцию по фазе по апертуре антенны, чтобы расширить диаграмму направленности.

Квадратичный набег по фазе (аналог ЛЧМ модуляции во временной области) позволяет получить диаграммы направленности без провалов. Меняя индекс модуля, можно получить любое расширение диаграммы направленности.

В силу того, что при увеличении площади надо сохранить ширину диаграммы направленности антенны, коэффициент усиления приемной решетки будет расти не пропорционально площади антенны, а пропорционально корню квадратному из площади антенны. Покажем это на примере.

На рис.10 показано распределение поля по двум апертурам. Максимальная напряженность поля одинаковая, но одна апертура в 4 раза длиннее.

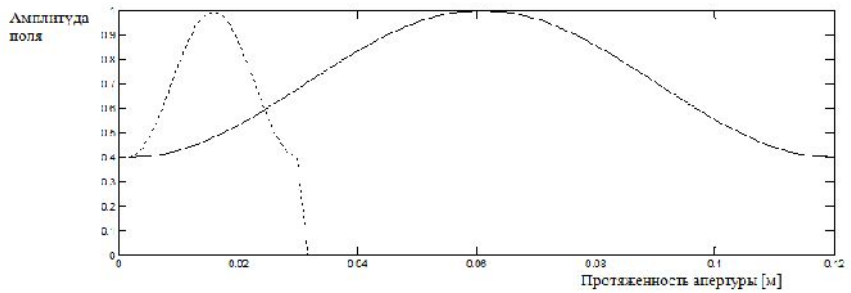


Рис.10. Распределение поля по двум апертурам.

На рис. 11 сплошной линией показана диаграмма направленности, рассчитанная по длинной апертуре, пунктиром - по короткой апертуре. Значение диаграмм направленности нормировано относительно максимума диаграммы, построенной по короткой апертуре.

Видим, что усиление антенны с короткой апертурой в 4 раза меньше, чем усиление антенны, у которой апертура в 4 раза длиннее.

На том же рисунке точками показана диаграмма направленности, рассчитанная по большой апертуре, но с дополнительной фазовой модуляцией. Индекс квадратичной фазовой модуляции подобран так, чтобы ширина диаграммы при большой апертуре совпадала с шириной диаграммы, рассчитанной по короткой апертуре.

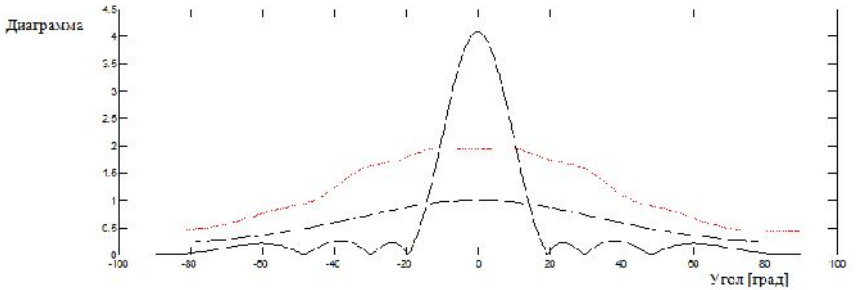


Рис.11. Диаграммы направленности по короткой апертуре (штриховая), по длинной апертуре (сплошная) и по длинной апертуре с дополнительной фазовой модуляцией (пунктир).

Как можно заметить, коэффициент усиления антенны при длинной апертуре и дополнительной модуляции для расширения диаграммы в два раза меньше, чем при отсутствии модуляции, но при этом в два раза больше, чем коэффициент усиления антенны с короткой апертурой с той же шириной диаграммы направленности.

Без дополнительной модуляции N отсчетов сигнала от элементов антенной решетки складываются синфазно, и максимальная амплитуда возрастает в N раз. При наличии модуляции отсчеты складываются случайным образом, и амплитуда возрастает пропорционально корню квадратном из числа складываемых отсчетов.

Таким образом, можно утверждать, что при увеличении площади апертуры в N раз, эффективная площадь антенны возрастает в N раз при синфазном сложении сигнала, в $\sqrt{N}$ раз при сохранении ширины диаграммы направленности.

При этом главный лепесток диаграммы получает дополнительную

фазовую модуляцию, которая хорошо заметна на рис.12, где кроме модуля диаграммы направленности (линия точек) показаны вещественная и мнимая часть функции диаграммы направленности антенны (сплошная лини и пунктир).

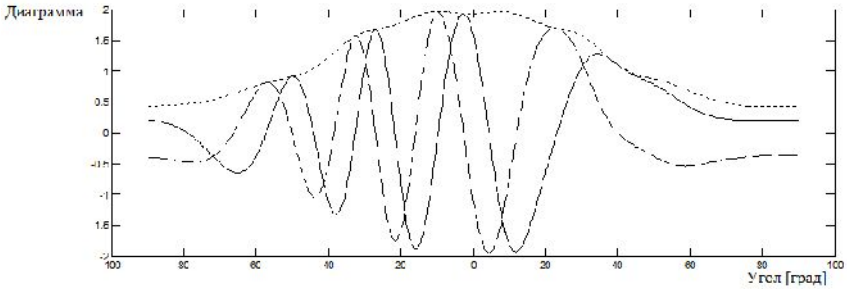


Рис.12. Модуль (пунктир), вещественная (сплошная) и мнимая (штриховая) части функции ДН, сформированной на длинной апертуре, с дополнительной модуляцией.

Для сравнения на рис.13 показаны вещественная и мнимая части диаграммы направленности, сформированной на короткой апертуре, без дополнительной модуляции.

Широкая диаграмма направленности передающей антенны позволяет увеличить продолжительность анализируемой реализации, увеличив разрешающую способность по доплеровскому смещению. Но этого все равно не достаточно, для прямого измерения скорости течений по доплеровскому сдвигу.

Если идти по пути создания специализированной РЛС подсвета, то для малых антенн можно существенно увеличить их скорость вращения, чтобы частота вращения антенны составляла несколько Герц и даже десятков Герц.

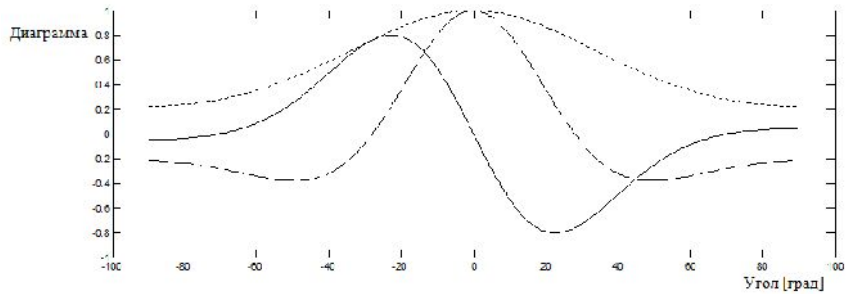


Рис.13 Модуль (пунктир), вещественная (сплошная) и мнимая (штриховая) части ДН, сформированной на короткой апертуре, без дополнительной модуляции.

Например, при скорости 8 оборотов в секунду за один оборот при частоте триггера 4000 Гц будет излучаться 500 импульсов. Если привязать момент сигнала триггера к датчику угла, то импульсы будут излучаться строго на одном направлении, согласованным с периодом вращения антенны.

В этом случае сигнал будет накапливаться с помощью дополнительной антенной решетки со всех направлений одновременно, и время накопления может достигать нескольких секунд, что обеспечит разрешение по частоте доли Герца.

4. Конструкция дополнительного приемного блока

Функциональная схема дополнительного приемного блока представлена на рис.14.

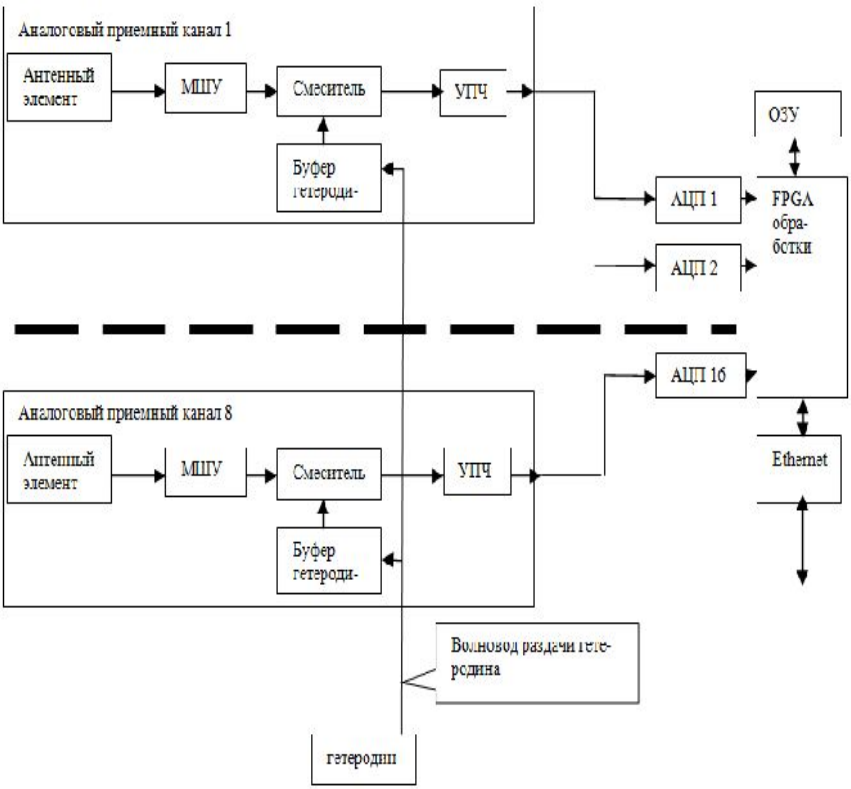


Рис.14. Функциональная схема дополнительного приемного блока.

Вся конструкция приемной антенной решетки (рис.15) помещена в обтекатель, аналогичный обтекателю судовой рупорно-щелевой антенны. Размер обтекателя и его форма определяются размерами приемных элементов. Цифровая часть, располагается снизу под антенной решеткой.

Количество модулей в приемной системе может варьироваться в зависимости от требований к системе. Для реализованного макета РЛС берегового базирования используется 16 элементов, что позволяет получить высокую разрешающую способность по азимуту и расширенный выходной динамический диапазон.

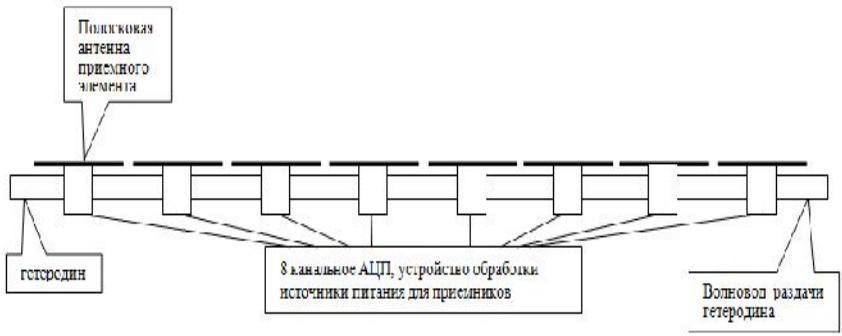


Рис.15. Конструкция приемной антенной решетки.

Работа была выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект 16-19-00172).

Библиографический список

1. H. Hatten, J. Seemann, C. M. Senet, A. Bezuglov, V. Veremjev and F. Ziemer, “Determination of the near surface current field from Doppler shift of the coherent radar backscatter under grazing incidence,” in Proc. 2000 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, vol. 2, pp. 899-901, 2000.

2. N. Braun, A. Bezuglov, G. Schymura and F. Ziemer, “Sea-surface current measurements with an X band radar,” in Proc. 2003 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, vol. 2, pp. 963-965, 2003.

3. N. Braun, F. Ziemer, A. Bezuglov, M. Cysewski and G. Schymura,

“Sea-Surface Current Features Observed by Doppler Radar,” in IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, vol. 46, no. 4, pp. 1125-1133, April 2008.

4. W. Huang, R. Carrasco, C. Shen, E. W. Gill and J. Horstmann, “Surface Current Measurements Using X-Band Marine Radar With Vertical Polarization,” in IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, vol. 54, no. 5, pp. 2988-2997, May 2016.

5. A. Nekrasov, A. Khachaturian, V. Veremyev and M. Bogachev, “Sea Surface Wind Measurement by Airborne Weather Radar Scanning in a Wide-Size Sector,” Atmosphere, vol. 7, no. 5, p. 1-11, May 2016.

6. A. Nekrasov, V. Veremyev, “Airborne Weather Radar Concept for Measuring Water Surface Backscattering Signature and Sea Wind at Circular Flight,” NAŠE MORE : znanstveno-stručni časopis za more i pomorstvo, vol. 63, no. 4, pp.278-282, December 2016.

7. Nekrasov, A.; Khachaturian, A.; Veremyev, V.; Bogachev, M. Doppler Navigation System with a Non-Stabilized Antenna as a Sea-Surface Wind Sensor. Sensors 2017, *17*, 1340.

8. S. Flampouris, F. Ziemer and J. Seemann, "Accuracy of Bathymetric Assessment by Locally Analyzing Radar Ocean Wave Imagery (February 2008)," in IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, vol. 46, no. 10, pp. 2906-2913, Oct. 2008.

RADAR SYSTEM FOR SEA-SURFACE SURVEILLANCE WITH IMPROVED ANGLE RESOLUTION

© A.V. Bezuglov, V.I. Veremyev, E.N. Vorobev

Saint Petersburg Electrotechnical University “LETI”, Saint Petersburg, Russia

e-mail: vervladiv@gmail.com

Abstract. The possible solution for modernization of navigation radar for purposes of hydrographic sea surface surveillance with fine angle resolution is considered. The advancement of radar system supposes to modify non-coherent pulse radar to operate in coherent mode, and to design additional receiver antenna array to obtain radar data with improved azimuth resolution. The description and potential characteristics of proposed system for sea-surface surveillance with improved angle resolution are presented.

Keywords. Sea surface, surveillance radar, azimuth resolution, antenna array.

УДК 621.396.96

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ЭФФЕКТА ДОПЛЕРА НА ХАРАКТЕРИСТИКИ РАДИОВЫСОТОМЕРА СПУТНИКОВОГО БАЗИРОВАНИЯ

© Д. С. Боровицкий[1], А. Е. Жестерев[1], В. П. Ипатов[2], Р. М. Мамчур[2]
[1]АО «Российский институт радионавигации и времени», Санкт-Петербург, Россия
[2]Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ», Санкт-Петербург, Россия
e-mail: dmitry_nepogodin@mail.ru, zhesterev@mail.ru, ival1941@yandex.ru, ruslan.mamchur@mail.ru

Аннотация. Получено выражение для профиля мощности отраженного сигнала спутникового высотомера с учетом доплеровского рассеяния при зондировании сигналами с линейной частотной и фазовой модуляцией. Установлено отсутствие влияния доплеровского сдвига эхо-сигнала на нарастающий фронт профиля. Показано, что задний фронт профиля при зондировании ЛЧМ-импульсом также нечувствителен к доплеровскому смещению, тогда как при зондировании ФМ-импульсом длительность профиля при учете доплеровского рассеяния существенно сокращается. В заключительной части статьи обсуждается возможность использования доплеровского рассеяния для улучшения разрешения высотомера в продольном направлении.

Ключевые слова. Спутниковый радиовысотомер, эхо-сигнал, доплеровское рассеяние, ЛЧМ-сигнал, ФМ-сигнал, синтезированная антенна.

Радиолокационные высотомеры (альтиметры) спутникового базирования составляют основу космических миссий дистанционного мониторинга поверхности Земли, позволяя в любое время года и суток и при любом состоянии атмосферы осуществлять измерение возвышения морской поверхности над референц-эллипсоидом, взволнованности моря, силы и направления приповерхностного ветра и т.д. При извлечении информации об измеряемых параметрах спутниковые альтиметры опираются на усредненную по серии зондирований зависимость от времени мощности эхо-сигнала на входе приемника – профиль мощности. При расчете последнего эффект Доплера, как правило, во внимание не принимается [1-5]. Подобный подход безоговорочно оправдан для импульсов, длительность которых пренебрежимо мала в сравнении с максимальным периодом доплеровской частоты. Между тем, зондирующий импульс в современных спутниковых высотомерах имеет длительность порядка сотни микросекунд и укорачивается до нескольких наносекунд лишь в результате компрессии приемным согласованным фильтром [2-4]. В частотном диапазоне Ка (35,75 ГГц), используемом, к примеру, наиболее продвинутым космическим альтиметром AltiKa [2,4], период доплеровской

частоты эхо-сигнала от блестящей точки в пределах освещаемого пятна вполне может оказаться соизмеримым или меньшим длительности зондирующего сигнала. Ниже аналитическое выражение для профиля мощности принятого сигнала уточняется с учетом указанного фактора.

1. Профиль мощности эхо-сигнала с учетом доплеровского рассеяния

Обратимся к рис. 1 [2,4,5], на котором координатная ось *y* параллельна вектору путевой скорости *V* космического аппарата (КА), антенна альтиметра предполагается ориентированной строго в направлении надира, *h* – высота орбиты КА, $r = r(t)$ – текущая наклонная дальность от фазового центра антенны до точечного отражателя с полярными координатами ρ и φ, а θ – угол между направлением на точечный отражатель и лучом антенны. Из рис. 1 нетрудно заметить, что

$$r^2(t) = (\rho \sin\varphi - Vt)^2 + \rho^2 \cos^2\varphi + h^2,$$

так что радиальная скорость V_r КА относительно отражателя

$$V_r = \left.\frac{dr(t)}{dt}\right|_{t=0} = -\frac{V\rho\sin\varphi}{r_0},$$

где $r_0 = r(0) = \sqrt{h^2 + \rho^2}$. Тем самым доплеровское приращение частоты

$$F = \frac{2V_r}{\lambda} = -\frac{2V\rho\sin\varphi}{r_0\lambda} \approx -\frac{2V\rho\sin\varphi}{h\lambda}, \qquad (1)$$

где λ – длина излучаемой волны, а последнее приближение справедливо, поскольку при малой ширине луча θ_0 антенны $\rho << h$. Для несущей $f_0 = 35{,}75$ ГГц $\lambda \approx 0{,}84$ см и при диаметре параболического зеркала $D = 1$ м ширина луча на половинном уровне в градусах $\theta_0 \approx 70\lambda/D \approx 0{,}6°$ [6]. Путевая скорость КА (первая космическая скорость)

$$V = \sqrt{g_h(R_e + h)},$$

где $R_e = 6370$ км – радиус Земли, g_h – ускорение свободного падения на высоте *h* над поверхностью Земли. При высоте орбиты $h = 1000$ км $g_h \approx 7{,}35$ м/с^2 и $V \approx 7{,}36$ км/с. Для отражателя вблизи края освещаемого пятна $\rho = h\,\mathrm{tg}(\theta_0/2) \approx 5{,}2$ км, и, если он находится на оси *y*, т.е. $\sin\varphi = 1$, согласно (1) $F \approx 9{,}11$ кГц. Подобная доплеровская расстройка, сопоставимая с интервалом разрешения по частоте $1/T \approx 10$ кГц (при $T = 100$ мкс), приведет к резкому снижению отклика согласованного фильтра на сигнал от элементарного отражателя, т.е. уменьшению его вклада в суммарный профиль мощности. Этот эффект будет особенно выражен для удаленных точек впереди по курсу КА, что равносильно сокращению освещаемого

пятна, а значит, ускоренному (по сравнению со случаем неучета доплеровского сдвига) спаданию заднего фронта профиля.

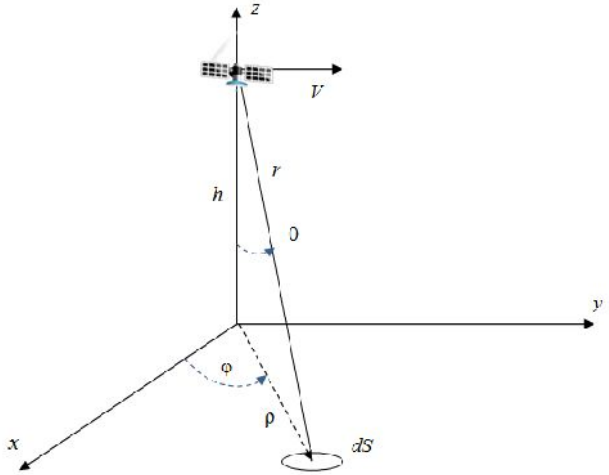


Рис. 1. К пояснению геометрии задачи расчета доплеровского смещения

Внесем теперь коррективы в методику определения профиля принимаемой мощности, отражающие влияние доплеровского рассеяния. Для этого обратимся к выражению для профиля мощности эхо-сигнала высотомера [2-5]:

$$P_r(t) = A\int_0^{\pi}\int_0^{\infty} \frac{s^2\left(t + 2\dfrac{h - r_0}{c}\right)}{[1 + (\rho / h)^2]^2} G^2(\theta)\rho d\rho d\varphi. \qquad (2)$$

В двойном интеграле выражения (2) следует заменить квадрат сигнала на выходе согласованного фильтра $s^2(t)$ квадратом функции неопределенности (ФН) $\psi(\tau, F)$ зондирующего сигнала

$$\psi(\tau, F) = \left| \frac{1}{2E} \int_{-\infty}^{\infty} \dot{S}(t)\dot{S}^*(t - \tau)\exp(-j2\pi F t)dt \right|, \qquad (3)$$

где E и $\dot{S}(t)$ – соответственно энергия и комплексная огибающая зондирующего сигнала. В результате с учетом (1)

$$P_r(t) = A\int_0^{\pi}\int_0^{\infty} \frac{\psi^2\left(t + 2\dfrac{h - r_0}{c}, -\dfrac{2V\rho\sin\varphi}{h\lambda}\right)}{[1 + (\rho / h)^2]^2} G^2(\theta)\rho d\rho d\varphi, \qquad (4)$$

где $G(\theta)$ – диаграмма направленности антенны (ДНА), c – скорость света, а A – множитель, объединяющий величины, не зависящие от координат отражателей.

Аппроксимируем главный пик ФН (3) гауссовской поверхностью с эллипсом горизонтального сечения симметричным относительно осей τ, F:

$$\psi(\tau, F) = \exp(-\beta_\tau \tau^2 - \beta_F F^2), \quad (5)$$

где β_τ и β_F – параметры, характеризующие скорость спадания ФН вдоль осей запаздывания и частоты соответственно. Оговоренный тип симметрии горизонтального сечения (диаграммы неопределенности) характерен для сигналов без частотной модуляции [7,8]. Если $\Delta_{0,5}$ и $F_{0,5}$ – соответственно ширина автокорреляции по уровню половинной мощности и протяженность ФН вдоль частотной оси по тому же уровню,

$$\beta_\tau = \frac{2\ln 2}{\Delta_{0,5}^2}, \ \beta_F = \frac{2\ln 2}{F_{0,5}^2}.$$

Подставив (5) в (4) и воспользовавшись традиционным приближением для ДНА [5]

$$G(\theta) = \exp\left(-\frac{2}{\gamma}\sin^2\theta\right) = \exp\left(-\frac{2\rho^2}{\gamma r_0^2}\right),$$

где $\gamma = (2/\ln 2)\sin^2(\theta_0/2)$, с учетом того, что

$$\frac{1}{\pi}\int_0^\pi \exp(z\cos\theta)d\theta = I_0(z),$$

где $I_0(\cdot)$ – модифицированная функция Бесселя нулевого порядка, а также $x = (\rho/h)^2 << 1$, получим в итоге

$$P_r(t) \approx A_1 \int_0^\infty \exp\left[-2\beta_\tau\left(t - \frac{hx}{c}\right)^2 - \left(\delta_F + \frac{4}{\gamma}\right)x\right] I_0(\delta_F x)dx, \quad (6)$$

где $A_1 = A\pi h^2/2$, $\delta_F = 4\beta_F V^2/\lambda^2$.

Выражение (6) представляет, в частности, профиль принятой мощности при использовании зондирующего сигнала с бинарной фазовой манипуляцией (ФМ). Графики нормированных полного профиля и его переднего фронта, рассчитанные для этого случая, приведены на рис. 2, *а*, *б* соответственно, где сплошной линией показаны кривые, построенные без учета доплеровского рассеяния, а штриховой – для путевой скорости КА $V \approx 7{,}36$ км/с. За исходные принимались следующие параметры:

- несущая частота $f_0 = 35{,}75$ ГГц;
- ширина спектра излучаемого сигнала $W = 320$ МГц;
- ширина луча антенны $\theta_0 = 0{,}6°$;
- высота орбиты КА $h = 1000$ км;
- длительность излучаемого импульса $T = 100$ мкс.

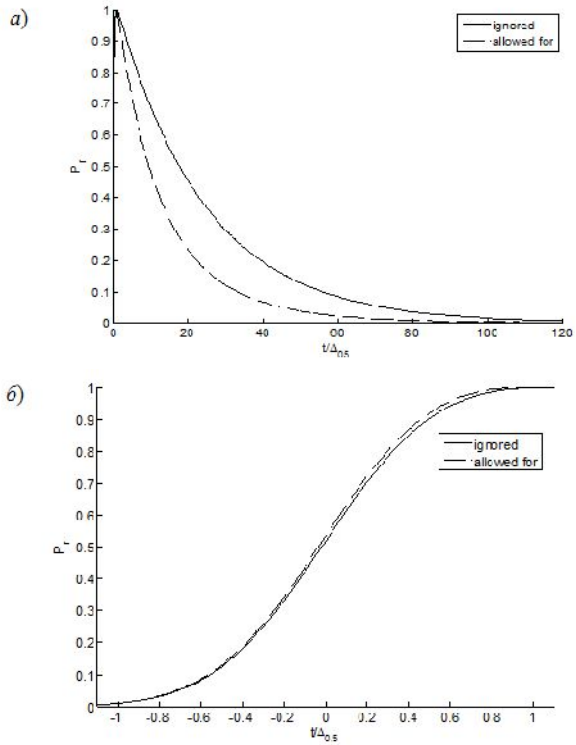


Рис. 2. Профиль мощности отраженного сигнала и его передний фронт для ФМ-импульса.

При этом треугольная автокорреляция, как и сечение ФН плоскостью $\tau = 0$, имеющее форму $|\sin(\pi FT)/(\pi FT)|$, заменялись гауссовскими кривыми с сохранением ширины по половинному уровню вдоль осей τ и F соответственно. Видно, что при зондировании ФМ-импульсом учет доплеровского рассеяния критически важен для прогнозирования заднего фронта профиля мощности. В то же время, передний фронт профиля, играющий ключевую роль в измерении высоты и взволнованности моря, к эффекту Доплера практически нечувствите-

лен. С другой стороны, из аналогичных графиков рис. 3, построенных для случая зондирования импульсом с линейной частотной модуляцией (ЛЧМ), видно, что для последнего эффект Доплера не оказывает существенного влияния ни на передний, ни на задний фронты профиля мощности эхо-сигнала.

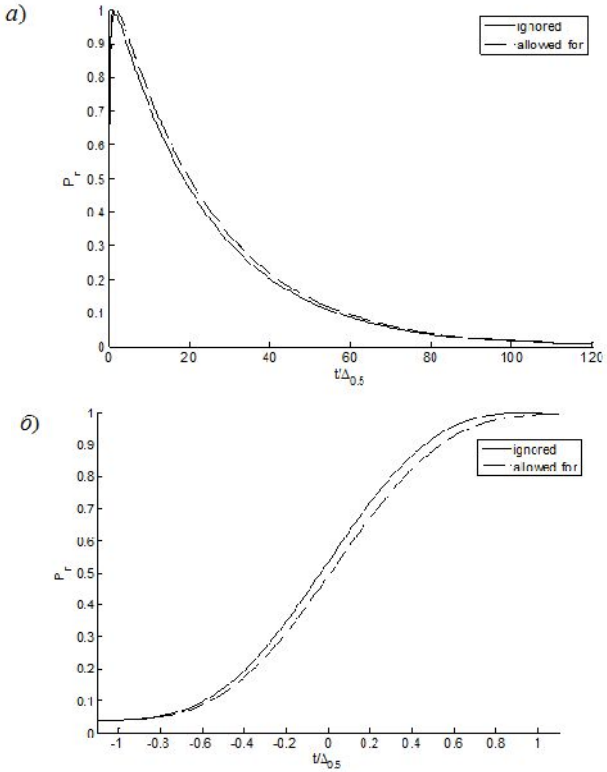


Рис. 3. Профиль мощности отраженного сигнала и его передний фронт для ЛЧМ-импульса.

Отмеченные различия вполне предсказуемы. Действительно, поскольку ЛЧМ-сигнал имеет ФН в виде узкого протяженного гребня, повернутого относительно осей времени и частоты, отклик приемного согласованного фильтра на отраженный сигнал с доплеровским сдвигом отличается от отклика на сигнал, не смещенный по частоте, лишь некоторой задержкой. Поэтому суперпозиции множеств откликов, учитывающие и игнорирующие доплеровское рассеяние, очевидно, похожи друг на друга. В противовес этому, иглообразный характер ФН действительного ФМ-сигнала приведет к ослаблению откликов

согласованного фильтра на отражения с заметным доплеровским сдвигом, которые приходят с направлений, ощутимо отклоняющихся от главной оси антенны. Тем самым получается, что для ФМ-сигнала отражения от периферийных освещаемых участков, формирующие спадающий фронт, ослабляются не только за счет направленности антенны, но и из-за снижения мощности отклика согласованного фильтра на сигналы с доплеровским сдвигом. Это и обуславливает ускоренное убывание профиля мощности для ФМ-сигнала в сравнении с сигналом ЛЧМ.

Отметим, что в приведенных оценках составляющая доплеровского рассеяния, обусловленная вращением Земли, не учитывалась на том основании, что путевая скорость земной поверхности (около 463 м/с) мала по сравнению со скоростью КА.

2. Эффект Доплера и разрешающая способность альтиметра

Как видно из (1) и рис. 1, для всех точек облучаемой поверхности, лежащих на нормали к следу траектории КА, доплеровский сдвиг одинаков и линейно меняется в пределах $\pm 2|V|y/(\lambda h)$ с координатой y точечного отражателя. Поскольку названная координата сама линейно убывает со временем от некоторого максимума $y_{\max}$ до $-y_{\max}$, сигнал, отраженный блестящей точкой за все время ее пребывания в луче антенны, приобретает частотную модуляцию с девиацией $W_p = 4|V|y_{\max}/(\lambda h)$. Примем за $y_{\max}$ радиус засветки по уровню половинной мощности, рассчитанный в предыдущем разделе для антенны с углом раскрыва $\theta_0 = 0{,}6°$ и высоты орбиты $h = 1000$ км: $y_{\max} \approx 5{,}2$ км. Поскольку для указанной высоты $V \approx 7{,}36$ км/с, при $f_0 = 35{,}75$ ГГц получится $W_p \approx 18$ кГц. С другой стороны, полная длительность сигнала от блестящей точки за время облучения $T_p \approx 2y_{\max}/|V| \approx 1{,}4$ с, так что его частотно-временное произведение $W_p T_p$ имеет порядок 25000. При подобном значении $W_p T_p$ спектр ЛЧМ-сигнала близок к прямоугольному с полосой W_p, так что после обработки согласованным фильтром сигнал от элементарного отражателя сожмется до длительности около $\Delta_p \approx 1/W_p \approx 60$ мкс. В свете стандартной (рэлеевской) трактовки разрешающей способности, для разрешения соседних отражателей их отклики на выходе согласованного фильтра должны отстоять по времени на Δ_p. Такой временной сдвиг между откликами получится, если по координате y отражатели смещены на $\delta y = \Delta_p V \approx 0{,}44$ м. Как видно, обработка эхо-сигнала с учетом его доплеровской динамики потенциально улучшила бы разрешающую способность альтиметра вдоль траектории КА на много порядков, доведя ее до долей метра.

Нетрудно понять, что речь идет о классическом синтезировании раскрыва антенны [9,10]. По-видимому, изначально этот факт не был осознан специалистами по спутниковой альтиметрии, что привело к появлению избыточного термина «*delay-Doppler technique*» [11], иногда встречающегося и в более поздних источниках. Полученная выше оценка разрешения вдоль оси *y* полностью согласуется с тем фактом, что разрешающая способность синтезированной антенны в продольном направлении близка к половине раскрыва физической антенны [10], т.е. в нашем случае 0,5 м.

Практическое воплощение технологии синтезирования раскрыва в описанной предельной форме достаточно затратно в плане вовлекаемого ресурса, так как требует хранения амплитуд и фаз отраженных сигналов в течение протяженного отрезка времени (1,5 с). Другим ограничением может явиться малый интервал когерентности эхо-сигнала, за пределами которого когерентная обработка утратит смысл и не приведет к ожидаемой временной компрессии отклика обрабатывающего фильтра. К примеру, в пределах интервала когерентности порядка 5 мс девиация частоты отраженного сигнала сократится в 300 раз, что приведет к пропорциональному ухудшению разрешения до $\delta y \approx 132$ м.

Предпринятый анализ показал, что при высоте орбиты КА порядка 1000 км доплеровский сдвиг эхо-сигналов Ка-диапазона, отраженных блестящими точками на периферии освещаемого пятна, сопоставим с интервалом разрешения по частоте. Для ЛЧМ-сигнала из-за сильной частотно-временной корреляции этот факт не приводит к заметному изменению формы профиля относительно рассчитанной без учета эффекта Доплера. Для сигнала же с фазовой манипуляцией приемный согласованный фильтр заметно ослабит сигналы от периферийных отражателей, что приведет к ускоренному спаданию заднего фронта профиля относительно рассчитанного без учета доплеровского рассеяния. Влияние же последнего на передний фронт профиля практически неощутимо независимо от формата модуляции сигнала. Использование зависимости доплеровского сдвига отражения от расстояния между КА и блестящей точкой для синтезирования раскрыва антенны в принципе многократно улучшает разрешающую способность альтиметра в продольном направлении. Применимость подобной технологии, однако, может существенно ограничиваться малым интервалом когерентности отраженного сигнала.

Библиографический список

1. Комплексный спутниковый мониторинг морей России / О. Ю. Лаврова, А. Г. Костяной, С. А. Лебедев, М. И. Митягина, А. И. Гинзбург, Н. А. Шеремет. – М.: ИКИ РАН, 2011. – 480 с.

2. Martin, S. An Introduction to Ocean Remote Sensing. 2-d edition. – Cambridge: Cambridge University Press, 2014. – 496 p.

3. Satellite Altimetry and Earth Sciences. A Handbook of Techniques and Applications; ed. by L.-L. Fu, A. Cazenave. – San Diego: Academic Press, 2001. – 463 p.

4. Coastal Altimetry; ed. by S. Vignudelli, A. G. Kostianoy, P. Cipollini, J. Benveniste. – Berlin: Springer, 2011. – 565 p.

5. Brown, G.S. The average impulse response of a rough surface and its applications // IEEE Trans. on Antennas and Propagation. – 1977. – Vol. 25, no 1. – P. 67-74.

6. Прокис, Дж. Цифровая связь. Пер. с англ. М.: Радио и связь, 2000. – 800 с.

7. Варакин, Л.Е. Теория сложных сигналов. – М.: Сов. радио, 1970. – 376 с.

8. Ипатов, В.П. Широкополосные системы и кодовое разделение сигналов. Принципы и приложения. Пер. с англ. М.: Техносфера, 2007. – 364 с.

9. Радиолокационные системы землеобзора космического базирования / В. С. Верба, Л. Б. Неронский, И. Г. Осипов, В. Э. Турук. – М.: Радиотехника, 2010. – 680 с.

10. Радиотехнические системы. Учебник для вузов / Под ред. Ю.М. Казаринова. М.: Высш. шк., 1990. – 496 с.

11. Raney, R.K. The Delay/Doppler radar altimeter // IEEE Trans. on Geoscience and Remote Sensing. – 1998. – Vol. 36, no 5. – P. 1578-1588.

STUDYING THE DOPPLER SPREAD EFFECT ON THE SPACE-BASED ALTIMETER CHARACTERISTICS

© D. S. Borovitsky[1], A. E. Zhesterev[1], V. P. Ipatov[2], R. M. Mamchur[2]
[1]JSC "Russian Institute of Radionavigation and Time",
Saint Petersburg, Russia
[2]Saint Petersburg Electrotechnical University "LETI",
Saint Petersburg, Russia
e-mail: dmitry_nepogodin@mail.ru, zhesterev@mail.ru,
ival1941@yandex.ru, ruslan.mamchur@mail.ru

Abstract. The equation is derived for the power profile of a satellite altimeter echo-signal, taking into account Doppler scattering when ranging LFM and BPSK signals are used. It is shown that Doppler spread does not affect the profile leading edge. With the LFM ranging signal the profile trailing edge is not affected by the Doppler shift as well. On the contrary, under PSK-signal ranging the profile compresses noticeably, Doppler effect taken into account. Finally, the possibility to utilize the Doppler spread to improve along-track altimeter resolution is discussed.

Keywords. Satellite altimeter, echo-signal, Doppler spread, LFM-signal, PSK-signal, synthetic aperture.

УДК 621.396.96

СРАВНИТЕЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ТРАЕКТОРНОЙ ОБРАБОТКИ

© О.В. Саверкин
ФНПЦ АО «НПО «Марс», Ульяновск, Россия
e-mail: saverkin-oleg@mail.ru

Аннотация. Представлены результаты математического моделирования оценивания траекторных параметров радиолокационных целей на фоне аддитивных гауссовских помех с помощью оптимального калмановского и квазиоптимального алгоритмов. Описаны достоинства и недостатки предложенных алгоритмов.

Ключевые слова: Траекторная обработка, фильтр Калмана, математическое моделирование, дисперсия ошибки.

Одним из наиболее известных алгоритмов траекторной обработки радиолокационных сигналов является фильтр Калмана [1-7]. Поскольку наблюдения обычно производятся в сферических координатах, для оценки параметров движения объектов в декартовых координатах может быть использован нелинейный фильтр Калмана [3-7]. Однако такой подход требует больших вычислительных затрат и является весьма сложным для реализации. Для уменьшения вычислительных затрат предлагается использовать линейный фильтр для линеаризованных наблюдений. Дополнительное упрощение может быть достигнуто за счет предположения о некоррелированности ошибок таких наблюдений.

Целью исследований является сравнительный анализ эффективности предложенных модификаций линейного фильтра Калмана для различных видов траекторий радиолокационных целей.

Рассмотрим математические модели движения объектов и наблюдений применительно к двухкоординатной радиолокационной станции (РЛС). В качестве модели движения сопровождаемого объекта будем использовать марковскую случайную последовательность, заданную следующим стохастическим уравнением [3-6]:

$$\bar{x}_i = \wp_i \bar{x}_{i-1} + \bar{\xi}_i,\ i = 1,2,..., \quad (1)$$

где $\bar{x}_i = \left(x_i \quad v_{xi} \quad y_i \quad v_{yi}\right)^T$,

x_i, y_i – декартовы координаты положения объекта,

v_{xi}, v_{yi} – проекции скорости на оси X и Y соответственно,

$\wp_i = \begin{pmatrix} 1 & t_i & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & t_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$ – матрица корреляции,

t_i – время, за которое произошло изменение положения объекта.

$\bar{\xi}_i = \begin{pmatrix} 0 & \xi_{vxi} & 0 & \xi_{vyi} \end{pmatrix}^T$ – порождающий белый гауссовский шум с ковариационной матрицей: $V_{\xi i} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \gamma_0^2 \sigma_{xi}^2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \gamma_0^2 \sigma_{yi}^2 \end{pmatrix}$,

где γ – относительное среднее изменение скорости за время обзора РЛС,

$\sigma_{xi} = \sqrt{v_{x0}^2 \frac{t_i}{\Delta t}}$, – априорные значения среднеквадратичных отклонений (СКО) проекции скорости по x,

$\sigma_{yi} = \sqrt{v_{y0}^2 \frac{t_i}{\Delta t}}$ – априорные значения СКО проекции скорости по y,

где v_{x0} – начальная скорость объекта по оси X,

v_{y0} – начальная скорость объекта по оси Y,

Δt – период обзора РЛС.

В качестве модели наблюдений за объектом будем использовать следующее выражение:

$$\bar{z}_i = h(\bar{x}_i) + \bar{n}_i, \quad (2)$$

где $\bar{z}_i = \begin{pmatrix} z_{R_i} & z_{\alpha_i} \end{pmatrix}^T$,

z_{R_i} – наблюдения по дальности, z_{α_i} – наблюдения по пеленгу,

$$h(\bar{x}_i) = \begin{pmatrix} \sqrt{x_i^2 + y_i^2} \\ \arctan \frac{y_i}{x_i} \end{pmatrix},$$

$\bar{n}_i = \begin{pmatrix} n_{R_i} & n_{\alpha_i} \end{pmatrix}^T$ – аддитивный шум с нулевым средним и ковариацион-

ной матрицей: $V_{ni} = \begin{pmatrix} \sigma_R^2 & 0 \\ 0 & \sigma_\alpha^2 \end{pmatrix}$,

σ_R – СКО источника наблюдений по дальности,

σ_α – СКО источника наблюдений по пеленгу.

Перед началом траекторной обработки наблюдения приводятся к линейному виду:

$$\bar{z}_i' = \begin{pmatrix} z_{x_i} \\ z_{y_i} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} z_{R_i} \cos z_{\alpha_i} \\ z_{R_i} \sin z_{\alpha_i} \end{pmatrix}, \quad (3)$$

где z_{x_i} – наблюдения координаты x,

z_{y_i} – наблюдения координаты y.

В результате преобразований модель наблюдений примет следующий вид:

$$\bar{z}_i' = C\bar{x}_i + \bar{n}_i', \quad (4)$$

где $C = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$ – матрица преобразования наблюдений,

$\bar{n}_i' = \begin{pmatrix} n_{xi} & n_{yi} \end{pmatrix}^T$ – аддитивный шум с нулевым средним и ковариационной матрицей:

$$V_{ni} = \begin{pmatrix} \sigma_{nxi}^2 & B_{xyi} \\ B_{xyi} & \sigma_{nyi}^2 \end{pmatrix}, \quad (5)$$

$$\sigma^2{}_{nxi} = \sigma_R^2 \cos^2 z_{\alpha i} + z_{Ri}^2 \sigma_\alpha^2 \sin^2 z_{\alpha i}, \quad \sigma^2{}_{nyi} = \sigma_R^2 \sin^2 z_{\alpha i} + z_{Ri}^2 \sigma_\alpha^2 \cos^2 z_{\alpha i},$$

$$B_{xyi} = \sigma_R^2 \cos^2 z_{\alpha i} - z_{Ri}^2 \sigma_\alpha^2 \sin^2 z_{\alpha i}$$

где B_{xyi} – ковариация наблюдений.

σ_{nxi} – СКО наблюдений координаты x,

σ_{nyi} – СКО наблюдений координаты y.

Для оценки параметров движения объектов будем использовать следующее выражение [3]:

$$\hat{\bar{x}}_i = \hat{\bar{x}}_{\Im i} + P_i C^T V_{ni}^{-1}\left(\bar{z}_i' - C\hat{\bar{x}}_{\Im i}\right), \tag{6}$$

где $\hat{\bar{x}}_{\Im i} = \wp_i \hat{\bar{x}}_{i-1}$ – вектор значений прогноза на *i*-шаге,

$P_i = P_{\Im i}\left(E + C^T V_{ni}^{-1} C P_{\Im i}\right)^{-1}$ – ковариационная матрица ошибок оценивания,

где $P_{\Im i} = \wp_i P_{i-1} \wp_i^T + V_{\xi i}$ – ковариационная матрица ошибок прогнозирования,

E – единичная матрица.

Однако такой подход, как и нелинейный фильтр Калмана, является достаточно сложным для реализации. Существенное упрощение и снижение вычислительных затрат может быть достигнуто за счет допущения о некоррелированности наблюдений. В этом случае ковариационная матрица шума наблюдений примет вид:

$$V_{ni} = \begin{pmatrix} \sigma_{nxi}^2 & 0 \\ 0 & \sigma_{nyi}^2 \end{pmatrix}, \tag{7}$$

Вектор оцениваемых параметров имеет вид аналогичный (5).

Для выполнения сравнительного анализа эффективности предложенных модификаций линейного фильтра Калмана реализована математическая модель в системе компьютерной алгебры Wolfram Mathematica. Ниже приводятся результаты моделирования.

На рисунке 0 представлены исходная траектория движения объекта, наблюдения от РЛС и результаты траекторной обработки от каждого фильтра. Наблюдающая РЛС расположена в начале координат. Построенные фильтры имеют СКО оценивания, представленные на рисунке 0.

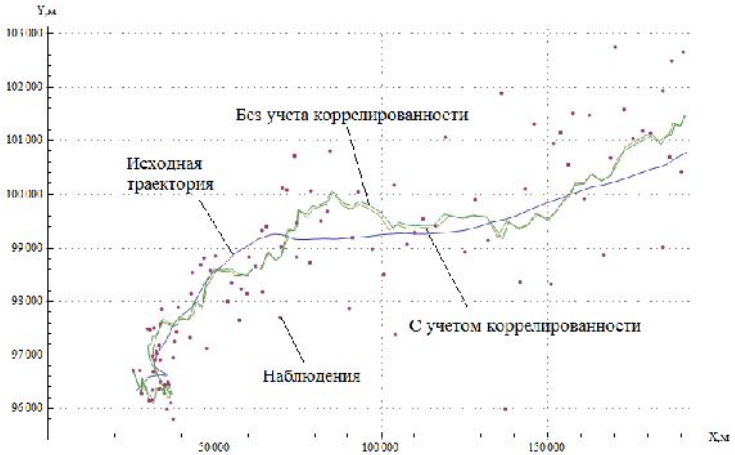


Рис.1. Исходная траектория, наблюдения и результаты фильтрации

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы:

1. Каждый из фильтров показывает достаточно точный результат, что подтверждается близостью к истинным значениям траекторий, построенных по результатам фильтрации (0).

2. При моделировании движения вдоль одной из осей, СКО координаты движения по этой оси от различных фильтров отличаются на несколько порядков. Установившееся значение СКО линейного фильтра с учетом корреляции наблюдений всегда значительно ниже. Чем больше скорость движения по оси, тем больше расхождения. Так, при скорости 100 м/с СКО фильтра с учетом корреляции в 5 раз ниже, а при скорости 1000 м/с – в 10-12 раз ниже (0).

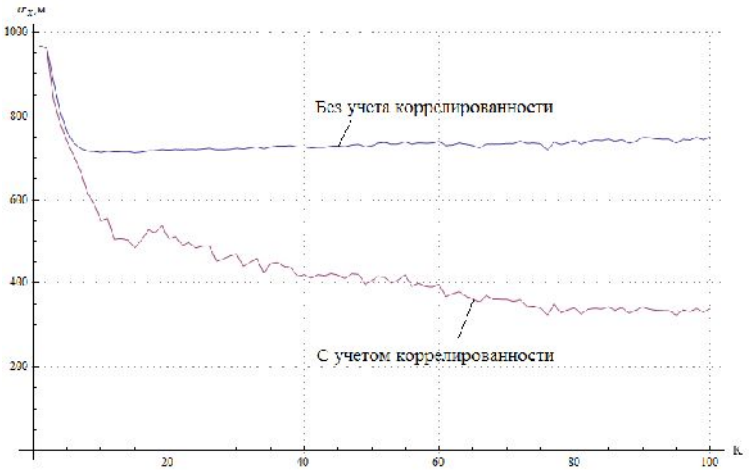


Рис.2. СКО координаты x

3. На различие СКО также влияет величина коэффициента гамма. Так, при малых гамма (0,01-0,1) СКО фильтра с учетом корреляции ниже в 2 раза, при гамма 0,5 – в 3-4 раза, при гамма 1 – в 3-5 раз. С ростом гамма расхождение также растет.

Таким образом, проведенные исследования показывают, что применение алгоритма фильтрации при коррелированных наблюдениях позволяет получить более точные оценки положения объекта при имитации движения вдоль одной из координатных осей. При моделировании других траекторий движения указанный способ оценки траекторных параметров также имеет более точные результаты, чем фильтрация, основанная на независимых наблюдениях.

Однако стоит отметить, что алгоритм фильтрации при коррелированных наблюдениях требует больших вычислительных затрат: при расчете оценки траекторных параметров требуется выполнить на $O\left(2N^N\right)$ больше операций умножения, где N – число наблюдаемых параметров.

Библиографический список

1. Радиотехнические системы: учебник для студентов вузов / [Ю.М. Казаринов и др.]; под ред. Ю.М. Казаринова. – М.: Издательский центр "Академия", 2008. – 592 с.

2. Bar-Shalom, Y. Estimation and Tracking: Principles, Techniques, and Software / Y. Bar-Shalom, X. R. Li. – Artech House, Boston, MA. – 1993. – 30 p.

3. Васильев К.К. Байесовское различение и оценивание случайных

последовательностей//Радиотехника и электроника. – 1985. – Т.30, №3. – С.476-485.

4. Васильев К.К. Оптимальная обработка сигналов в дискретном времени: Учебное пособие. – М.: Радиотехника, 2016. – 260 с., ил.

5. Васильев, К.К., Павлыгин Э.Д., Гуторов А.С. Построение траекторий маневрирующих целей на основе сплайнов и фильтра Калмана // Автоматизация процессов управления. – 2016. – №1(43). – С. 67-75.

6. Васильев, К.К., Лучков Н.В. Траекторная обработка на основе нелинейной фильтрации // Автоматизация процессов управления. – 2017. – №1(47). – С. 4-9.

7. Саверкин О.В., Лучков Н.В. О некоторых принципах оценивания траекторных параметров // Современные проблемы проектирования, производства и эксплуатации радиотехнических систем: Сб. научных трудов 10-й всероссийской науч.-практ. конф. – Ульяновск: УлГТУ, 2016. – С. 58-61.

COMPARATIVE MODELING OF THE ALGORITHMS OF TRAJECTORY PROCESSING

© O.V. Saverkin

Federal Research-and-Production Center Joint-Stock Company 'Research-and-Production Association 'Mars', Ulyanovsk, Russia

e-mail: saverkin-oleg@mail.ru

Abstract. The paper present the results of a study concentrated on algorithms for trajectory processing of radar information. The description and comparative analysis of algorithms, and their practical application are given.

The introductory part of the work is concentrated on the description of the problem and the formulation of the problem. Then author describe the studied algorithms of trajectory processing based on the use of linear Kalman filter. The nonlinear Kalman filter and linear Kalman filter is quite hard for realization. To solve this problem, propose using the linear Kalman filter based on noncorrelated observations. To solve this problem, propose using the linear Kalman filter based on correlated observations. The description of the results of mathematical modeling of the proposed algorithms are given. In the final part, the conclusions reached in the course of the research are described, the advantages and disadvantages of the proposed algorithms are described. Researchers will be able to use the results of mathematical modeling to investigate subsequent analysis existing algorithms of trajectory processing and to optimize them.

The article is recommended for postgraduate students and engineers whose work is related to the statistical processing of radar information.

Keywords. Trajectory processing, Kalman filter, linear filter.

УДК 004.942

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРСПЕКТИВНОЙ СИСТЕМЫ «ЕТРИС ДЗЗ»

© Д.В. Андреева, С.Н. Замуруев
Московский технологический университет, Москва, Россия
e-mail: sapfir30@gmail.com, zamuruevsn@mail.ru

Аннотация. Рассмотрена структура перспективной системы ЕТРИС ДЗЗ. Предложен способ повышения эффективности функционирования ЕТРИС ДЗЗ за счёт решения задачи оперативного определения пространственно-временных параметров полос обзора, путём использования математического аппарата, позволяющего уменьшить сложность вычислений, сохранив при этом адекватную точность моделирования. Приведена математическая постановка задачи.

Ключевые слова. Дистанционное зондирование Земли, информационная система, ЕТРИС ДЗЗ, космическая информация, геопортал, космическая локационная группа, моделирование, пространственно-временные характеристики.

В настоящее время данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) широко применяются для решения социально-экономических, научных и прикладных задач во многих областях человеческой деятельности: сельском и лесном хозяйствах, геологии, исследовании природных ресурсов, городском и земельном кадастрах, мониторинге состояния земной поверхности и т.д.

Потребителями данных ДЗЗ являются такие организации как Минобороны России, ФСБ, МВД, МЧС, Минприроды, Минсельхоз, Минтранс, Минрегион, Росреестр, Российская академия наук, Минобрнауки, хозяйствующие и другие субъекты России. Эти организации получали доступ к данным ДЗЗ посредством обращения к геопорталу Роскосмоса. В связи с масштабностью задач, решаемых с помощью данных ДЗЗ, потребовалось существенное расширение номенклатуры конечных продуктов ДЗЗ. В условиях ожидаемого наращивания российской космической локационной группы космическими аппаратами ДЗЗ и соответствующего роста объёмов принимаемой информации значительно увеличится нагрузка на средства обработки данных ДЗЗ. Таким образом, возникла необходимость развития существующей инфраструктуры хранения и распространения продуктов обработки ДЗЗ.

С этой целью, в соответствии с Федеральной космической программой России на 2006 - 2015 гг., создавалась ЕТРИС ДЗЗ – Единая территориально-распределённая информационная система, предназначенная для интеграции в единое геоинформационное пространство всех информационных ресурсов ДЗЗ.

1. Структура ЕТРИС ДЗЗ

ЕТРИС ДЗЗ состоит из 4 функциональных подсистем [1]:

- *подсистемы планирования и управления процессами получения данных ДЗЗ,* которая отвечает за координацию целевого применения космической локационной группы космических аппаратов путём распределения их ресурсов, комплексного планирования съемок объектов и районов в соответствии с поставленными задачами, комплексное планирование сеансов связи по сбросу космической информации на станции приема, а также за согласованное управление наземной группировкой средств ДЗЗ и координацию планов по поставке материалов с зарубежных космических аппаратов ДЗЗ в интересах госнужд;

- *подсистемы приёма, регистрации и обработки данных ДЗЗ,* которая отвечает за прием, регистрацию и обработку всего потока информации, поступающего с космических аппаратов различного типа;

- *подсистемы каталогизации, хранения и распространения данных ДЗЗ,* которая отвечает за архивирование и хранение данных ДЗЗ, поступивших с отечественных и зарубежных космических аппаратов ДЗЗ;

- *подсистемы обмена данными ДЗЗ,* которая отвечает за обеспечение доступа потребителей к информации ДЗЗ через систему геопорталов.

На данный момент ЕТРИС ДЗЗ прошла государственные испытания и начата её штатная эксплуатация. Проект объединил унифицированными техническими стандартами в рамках новой иерархии всю наземную инфраструктуру, обеспечивающую управление целевым применением российских космических аппаратов ДЗЗ, приём информации, ее обработку и передачу потребителям.

Система состоит из 13 крупных центров, оптимально расположенных на всей территории России, с целью координации их работы с российской космической локационной группой космических аппаратов ДЗЗ, которые обеспечивают все виды и режимы съёмки, вплоть до гиперспектральной. Это такие аппараты как «Ресурс-П» №1, №2 и №3, «Канопус-В», «Электро-Л» №1 и «Метеор-М» №1 и №2. Планируется дальнейшее наращивание российской космической локационной группы космическими аппаратами ДЗЗ. Запланировано дальнейшее развитие ЕТРИС ДЗЗ в рамках Концепции развития российской космической системы ДЗЗ на период до 2025 года [2].

2. Повышение эффективности функционирования ЕТРИС ДЗЗ

Для повышения эффективности функционирования ЕТРИС ДЗЗ предлагается улучшение функциональной *подсистемы планирования и управления процессами получения данных ДЗЗ* в части планирования целевого применения наращиваемой космической локационной группы космических ап-

паратов ДЗЗ путём оперативного решения задачи определения пространственно-временных параметров полос обзора, получаемых при обзоре космическими аппаратами ДЗЗ целевых регионов на поверхности Земли.

К пространственно-временным параметрам полос обзора при ДЗЗ относятся геометрические параметры полос обзора, принадлежащих заданным целевым регионам, такие как длина, ширина, площадь полос обзора, а также время наблюдения целевых регионов, время ожидания наблюдения и кратность покрытия целевых регионов за заданный временной интервал.

Оперативность определения пространственно-временных параметров полос обзора при ДЗЗ целевых регионов на поверхности Земли достигается за счёт ряда допущений при постановке задачи оперативного определения пространственно-временных параметров полос обзора, что способствует уменьшению сложности вычислений при сохранении адекватной точности моделирования. К таким допущениям относятся следующие используемые определения:

- Азимутальная плоскость – касательная к поверхности Земли плоскость в точке надира [3];
- Курсовой угол – угол между вектором скорости космического аппарата и вектором направления луча в проекции на азимутальную плоскость;
- Угломестная плоскость – плоскость, проходящая через космический аппарат и надир под заданным курсовым углом;
- Угол визирования – угол между вектором скорости космического аппарата и вектором направления центра луча (совпадает с высотой пирамиды) в проекции на угломестную плоскость [4, 5];
- Зона захвата – участок земной поверхности, отснятый лучом антенны за одну сессию зондирующих импульсов [6, 7];
- Полоса обзора – участок земной поверхности, полученный из совокупности зон захвата, полученных при пролёте космического аппарата над целевым регионом на поверхности Земли.

На основе этих определений разработаны следующие математические модели, позволяющие моделировать процесс ДЗЗ [8]:

- Модель Земли представляет собой сферу;
- Модель космического аппарата представляет собой сферу единичного радиуса;
- Модель луча радиолокационной аппаратуры наблюдения космического аппарата представляет собой четырёхугольную пирамиду, вершина которой условно находится в космическом аппарате, основание пересекается со сферой, а боковые рёбра представлены прямыми, проходящими между вершиной пирамиды и сферой Земли; основание пирамиды пред-

ставляет собой сферический четырёхугольник, который образует границы зоны захвата поверхности Земли.

3. Математическая постановка задачи оперативного определения пространственно-временных параметров полос обзора

Приведённые в разделе 2 математические модели легли в основу математической постановки задачи оперативного определения пространственно-временных параметров полос обзора.

Исходные данные:

1. $S = \{s_i =< c_i, m_i >, i = 1, \dots, n_s\}$ – конечное множество целевых космических аппаратов,

где $C = \{c_i =< \bar{r}_i, \bar{v}_i, \tau_i >, i = 1, \dots, n_c\}$ – конечное множество спрогнозированных или существующих траекторий космических аппаратов из множества S,

$\bar{r}_i$ – вектор положения космического аппарата s_j относительно гринвичской подвижной системы координат,

$\bar{v}_i$ – вектор скорости космического аппарата s_j относительно гринвичской подвижной системы координат,

τ_i – момент времени в шкале всемирного координированного времени (UTC).

Ориентация осей системы координат космического аппарата совпадает с ориентацией осей орбитальной системы координат.

2. $M = \{m_k =< \alpha_k, \beta_k, \Delta\alpha_k, \Delta\beta_k >, k = 1, \dots, n_m\}$ – множество режимов работы радара космического базирования,

где α_k – угол ориентации луча в угломестной плоскости,

β_k – угол ориентации луча в азимутальной плоскости,

$\Delta\alpha_k$ – ширина луча в угломестной плоскости,

$\Delta\beta_k$ – ширина луча в азимутальной плоскости.

При ограничениях:

$m_k \in M$, $\alpha_{min} \le \alpha_k \le \alpha_{max}$, $\beta_{min} \le \beta_k \le \beta_{max}$,

где α_{min} – минимальный угол ориентации луча в угломестной плоскости,

α_{max} – максимальный угол ориентации луча в угломестной плоскости,

β_{min} – минимальный угол ориентации луча в азимутальной плоскости,

β_{max} – максимальный угол ориентации луча в азимутальной плоскости.

3. $T = \{t_j =< b_j, l_j >, j = 1, \dots, n_t\}$ – множество целевых регионов,

где b_j – географическая широта узловой точки целевого региона t_j,

l_j – географическая долгота узловой точки целевого региона t_j.

Критерий:

$$\sum_{i=1}^{n_s}\sum_{j=1}^{n_t} square(a_{ij}) = \max_{p_i \in P},$$

где $square(a_{ij})$ – площадь одной полосы обзора, полученной при пролёте космического аппарата s_i по траектории c_i над целевым регионом t_j в режиме работы радара космического базирования m_i,

$A = \{a_{ij} = f_a(c_i, m_i, t_j), i = 1, \dots, n_s, j = 1, \dots, n_t\}$ – множество полученных полос обзора,

p_i – текущий вариант размещения каждого космического аппарата в составе космической локационной группы,

P – конечное множество вариантов размещения космического аппарата в космической локационной группе.

При этом c_i является результатом прогнозирования движения космического аппарата ДЗЗ в космической локационной группе, а, следовательно, существует следующая взаимосвязь:

$$c_i = f_b(p_i, \Delta T, q_i), i = 1, \dots, n_s$$

где ΔT – временной интервал прогнозирования,

q_i – параметры прогнозирования, оптимальные для текущей орбиты космического аппарата [9].

Таким образом, на основе представленного понятийного аппарата и описанных математических моделей, разработка комплекса методик и алгоритмов, позволит решить поставленную задачу оперативно, уменьшив вычислительную сложность без потери адекватной точности моделирования, тем самым повысив эффективность подсистемы планирования и управления процессами получения данных ДЗЗ, а следовательно и эффективность функционирования ЕТРИС ДЗЗ в целом.

Библиографический список

1. Лошкарёв П.А., Тохиян О.О., Курлыков А.М., Кошкин К.В., Гладков А.П. Развитие ЕТРИС ДЗЗ с применением облачных технологий. // Геоматика. – 2013. – №4. – с. 22-26.

2. Концепция развития российской космической системы дистанционного зондирования Земли на период до 2025 года [Электронный ресурс] : Режим доступа: http://www.gisa.ru/ file/file766.doc.

3. Коновалова Д.В., Андреев Г.И., Летунов В.В. Разработка базового понятийного аппарата. Сравнительный анализ режимов радиолокаци-

онного картографирования местности. // Динамика сложных систем . – 2014. – №3. – т.8. – с. 29-31.

4. Муни Д., Скиллмен В. Импульсно-доплеровские РЛС. – В кн. Справочник по радиолокации, т.1|Под ред. Сколникова – М.: Сов.радио, 1979.

5. Верба В.С., Неронский Л.Б., Осипов И.Г., Турук В.Э. Радиолокационные системы землеобзора космического базирования. – М.: Радиотехника, 2010.

6. Радиолокационные станции воздушной разведки/Под ред. 315 Г.С. Кондратенкова. - М.: Воениздат, 1983. - 152 с., ил.

7. Бурханов М.В. Справочная книжка штурмана. – М.: Транспорт, 1986.

8. Коновалова Д.В., Андреев Г.И., Шевляков А.С. Методика определения узловых точек падения зон захвата при радиолокации из космоса // Актуальные вопросы современных информационных технологий: НТС Известия №257. – М.: ВА РВСН им. Петра Великого, 2014. – с. 147-150 Инв. № 137469.

9. Андреев Г.И., Ловцов Д.А. Прецизионное прогнозирование движения техногенных объектов в околоземном космическом пространстве // Информация и космос. –2015. – №2. – с. 103–110.

THE INCREASE OF EFFICIENCY OF FUNCTIONING OF PERSPECTIVE SYSTEM «UTDIS RSE»

© D.V. Andreeva, S.N. Zamuruev
Moscow Technological University, Moscow, Russia
e-mail: sapfir30@gmail.com, zamuruevsn@mail.ru

Abstract. The structure of the prospective system UTDIS RSE is considered. A method of increasing the efficiency of UTDIS RSE at the expense of solving the problem operational definitions of the spatial-temporal parameters of the swath is offered, through the use of a mathematical apparatus that allows to reduce the computational complexity, while maintaining adequate modeling accuracy. The mathematical formulation of the problem is given.

Keywords. Remote sensing of the Earth, information system, UTDIS RSE, satellite data, geoportal, the space radar group, simulation, spatial-temporal characteristics.
УДК 621.396.676

АНАЛИЗ ТОЧНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ АНТЕННО-ФИДЕРНОЙ СИСТЕМОЙ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

© *В.С. Новиков*
Московский технологический университет, г. Москва, Россия
e-mail: a.b.123@mail.ru

Аннотация. Рассмотрен алгоритм формирования суммарной ошибки наведения в режиме программного управления антенно-фидерным устройством на борту космического аппарата. Рассчитана суммарная ошибка наведения для двухкоординатной антенно-фидерной системы Кадиапазона космического аппарата «Метеор-М» №3.

Ключевые слова. Антенно-фидерная система, суммарная ошибка наведения, система наведения, алгоритм управления, управление на борту космического аппарата.

О качестве антенно-фидерной системы (АФС) судят прежде всего по тому, насколько она обеспечивает выполнение главной и конечной задачи, возлагаемой на комплекс устройств, обслуживаемый рассматриваемой АФС. Общей оценкой качества работы любой АФС служит показатель эффективности. Для каждого конкретного объекта управления показатель эффективности получает свое количественное выражение, после чего различные АФС можно сравнивать по этому общему показателю и вновь проектируемые системы ориентировать на достижение максимума этого показателя.

Задача исследования точности наведения заключается в определении динамических ошибок преобразования системой полезных входных сигналов и вероятностных характеристик случайных сигналов, т. е. математических ожиданий, дисперсии и корреляционных функций выходных координат. Для определения этих величин необходимо знать оператор АФС, который имеет достаточно сложное математическое описание, что объясняется сложностью математического описания объекта управления и сложностью построения системы в целом (многоканальные, комбинированные структуры, работающие в условиях возмущений и помех) [1].

Анализ точности наведения, с учетом особенностей их построения и математического описания позволяет определить основные факторы, вызывающие ошибки наведения, и условия, при которых эти ошибки могут быть минимизированы. Исследование точности наведения дает также воз-

можность выявить основные соотношения, позволяющие предсказать эффективность работы антенных систем в различных режимах по известным параметрам и условиям работы.

Все множество ошибок, определяющих суммарную погрешность наведения электрической оси диаграммы направленности (ДНА) на наземный объект можно прежде всего разделить по характеру их изменения во времени: на систематические и случайные. Систематические ошибки вызываются факторами, действующими вполне определенным образом, и характеризуются постоянной величиной Δ, неизменной в течение большого промежутка времени, либо изменяющейся во времени по известному закону. Случайные ошибки обусловлены воздействием на систему случайных процессов. В широком смысле все ошибки наведения АФС являются случайными с различным интервалом корреляции.

Случайная величина, как известно, характеризуется средним значением θ и среднеквадратическим значением Θ^2. Случайная составляющая ошибки характеризуется величиной дисперсии σ^2 или среднеквадратическим отклонением от среднего значения σ_0.

Систематические ошибки в режиме программного управления, делятся на следующие подгруппы [1]:

1. Астрономические;
2. Методические;
3. Инструментальные;

К систематическим астрономическим ошибкам относятся ошибки, вызванные неточностью определения широты φ и долготы λ места расположения наземного объекта слежения - (Δ_φ и Δ_λ);

К систематическим методическим ошибкам относят ошибки вычисления текущих координат космического аппарата (КА) (из-за аппроксимации баллистических расчетов) - Δ_u;

К систематическим инструментальным ошибкам относят ошибки, обусловленные точностью датчиков определения положения осей АФС Δ_p.

Количество систематических ошибок намного больше, однако, применительно к антенно-фидерной системе, установленной на борту КА можно отнести лишь перечисленные выше ошибки [1].

К динамическим ошибкам наведения относят:

- Ошибки, связанные с не идеальностью системы ориентации КА - ε_c;
- Люфт в зубчатых передачах опорно-поворотного устройства - ε_l;

- Запаздывание привода по скорости, ускорению, торможению и т.п - ε_d.

Ошибки, связанные с не идеальностью баллистического расчета КА можно устранить, вводя замкнутый контур управления, получая во время передачи информации телеметрию с блоков определения углового положения КА, блоков определения координат звезд и датчиков ускорения КА. По результатам телеметрической информации можно корректировать положения АФС. В таком случае, ошибка будет определяться задержкой в приемо-передающем тракте, задержкой на передачу разовых команд в АФС и задержкой на исполнение команды самой АФС. В настоящий момент не предусмотрено применение подобного метода, поэтому данная ошибка фигурирует в расчетах.

К случайным ошибкам относят:

- Погрешность изготовления элементов отражающей поверхности (среднеквадратическое отклонение реальной формы отражающей поверхности от теоретической) - σ_e;
- Термические деформации отражающей поверхности.

Погрешностью, связанной с термической деформацией отражающей поверхности, в случаи КА «Метеор-М» №3 – можно пренебречь. Т.к. АФС установлена на приборной платформе, средняя температура которой составляет 18°C, при работе целевой аппаратуры. В неактивные моменты целевой аппаратуры на витках, бортовой коммутационный аппарат включает систему терморегулирования КА, которая с помощью нагревателей поддерживает необходимый уровень температуры приборной платформы. Учитывая вышеизложенное, величина данной погрешности будет пренебрежимо мала и далее в расчетах не участвует.

Ниже приведен расчет суммарной ошибки наведения согласно [1].

Суммарная ошибка наведения определяется по формуле:

$$\sigma = \sqrt[3]{\sum_i (\sigma_A)^2{}_i \cos^2(h) \; | \; \sum_i (\sigma_h)^2{}_i} \quad , \tag{1}$$

где:

- h – высота орбиты спутника;
- σ_A - ошибка наведения по первой (неподвижной оси) АФС;
- σ_h - ошибка наведения по второй (подвижной оси) АФС.

$$\sigma_A - \Delta_{\Sigma\,I} + \sigma_{\Sigma\,I}{}^* + \varepsilon_{\Sigma\,I} \tag{2}$$

$$\sigma_h - \Delta_{\Sigma\,II} + \sigma_{\Sigma\,II}{}^* + \varepsilon_{\Sigma\,II} \quad , \tag{3}$$

где:

- $\Delta_{\Sigma} = \sum_i \Delta_i$ – значение суммарной систематической ошибки наведения по каждой из осей;
- $\varepsilon_{\Sigma} - \sum_i \varepsilon_i$ – значение динамической суммарной ошибки наведения по каждой из осей;
- σ_{Σ} – значение случайной суммарной ошибки наведения по каждой из осей.

Значение случайных ошибок наведения может быть определено, если известен закон распределения этих ошибок. Считая, что максимальное значение среднеквадратического отклонения (СКО) наведения $\sigma^* = 3\sigma$, с вероятностью 99.73 % имеем: $\sigma_{\Sigma} - 3\sum_i \sigma_i$.

Суммарная систематическая ошибка наведения по двум осям:

$$\Delta_{\Sigma I} - \Delta_{\Sigma II} - \Delta_{\varphi} + \Delta_{\lambda} + \Delta_{u} + \Delta_{p} . \quad (4)$$

Суммарная динамическая ошибка по первой (неподвижной) оси:

$$\varepsilon_{\Sigma I} - \varepsilon_{c} + \varepsilon_{l} + \varepsilon_{d} \quad . \quad (5)$$

Суммарная динамическая ошибка по второй (подвижной) оси:

$$\varepsilon_{\Sigma I} = \varepsilon_{c} + \varepsilon_{l} \quad . \quad (6)$$

Из формулы (6) следует, что для второй оси пропала ошибка, связанная с разгоном/торможением привода, поскольку ось опорно-поворотного устройства неподвижна.

Суммарная случайная ошибка наведения по каждой оси:

$$\sigma_{\Sigma} = 3 * \sigma_{\epsilon} \quad . \quad (7)$$

Ошибки, вызванные неточностью определения широты φ и долготы λ места расположения наземного объекта слежения ($\Delta_{\varphi} - \Delta_{\lambda}$) могут быть определены в соответствии с [2], с применением геодезического спутникового приемника GPS/Глонасс, работающего в режиме «кинематика в реальном времени» (RTK). Данная ошибка составляет 0.01 м по двум координатам. Таким образом, угол погрешности наведения антенны КА равен:

$$\Delta_{\varphi} = \Delta_{\lambda} = 2tg\left(\frac{0.005}{h}\right) = 1{,}537 * 10^{-8}, \quad (8)$$

где h- высота орбиты спутника, равная 650.55 км.

Ошибки вычисления текущих координат КА (из-за аппроксимации баллистических расчетов) приведены для 12-ти суточного интервала и составляют 3° в пересчете для погрешности наведения антенны. Данная точность наведения объясняется более сильным влиянием нецентральности гравитационного поля Земли [3].

Ошибка, связанная с запаздыванием разгона/торможения привода, может быть определена исходя из времени разгона\торможения привода опорно-поворотного устройства до номинальной угловой скорости ($1^{\circ}/c$)

по методике, изложенной в [4].

Время разгона может быть определено по формуле:

$$\varepsilon_d = t_{\text{ном}} = 0.693\frac{J\omega_1}{M_k} \quad , \tag{9}$$

где: $J = 0{,}147\ \text{кг} * \text{м}^2$ – момент инерции подвижной части;

$\omega_1 - 0{,}17\ \text{об/мин}$ – частота вращения колеса;

$M_k - 0{,}035\ \text{Н} * \text{м}$ –пусковой момент двигателя;

Пусковой момент соответствует характеристике бесколлекторного двигателя постоянного тока EC-MAX 22.

Таким образом, $\varepsilon_d - 0{,}494802\ °/\text{с}$.

Исходными данными для расчета являются значения, приведенные в табл.1. Ошибки соответствуют системе АФС для КА «Метеор-М» №3.

Таблица 1 – исходные данные для расчета.

Параметр	Значение	Размерность
$\Delta_\varphi - \Delta_\lambda$	$1{,}537 * 10^{-8}$	градусы
Δ_u	3	градусы
Δ_p	0.5	градусы
ε_c	0,0001	градус
ε_l	0,005	градусы
ε_d	0,494802	градус
σ_e	$1{,}37 * 10^{-5}$	градусы

Суммарная ошибка наведения в режиме программного управления равна:

$$\sigma - \sqrt{\left[(\Delta_\varphi + \Delta_\lambda + \Delta_u + \Delta_p)^2 + (\varepsilon_c + \varepsilon_l + \varepsilon_d)^2 + (3 * \sigma_e)^2\right] * \cos^2(h) + \left[(\Delta_\varphi + \Delta_\lambda + \Delta_u + \Delta_p)^2 + (\varepsilon_c + \varepsilon_l)^2 + (3 * \sigma_e)^2\right]} = 2.914\ ° \tag{10}$$

Таким образом, суммарная ошибка наведения в режиме программного управления равно 2.914 градусов.

В работе подробно рассмотрены составляющие суммарной ошибки наведения в режиме программного управления опорно-поворотным

устройством антенно-фидерной системы. Выделены основные критерии качества работы системы. Следует отметить, что наибольший вклад в суммарную ошибку вносит составляющая Δ_u – ошибка вычисления текущих координат КА. Для оптимизации режима программного управления антенно-фидерной системы на борту КА необходимо устранить или уменьшить данную ошибку. Устранение данной ошибки возможно, путем определения текущих координат КА на борту КА, штатными средствами навигационно-баллистического обеспечения. КА «Метеор-М» №3 имеет в составе бортовое синхронизирующее временное устройство, обладающее необходимым функционалом для вычисления и прогноза текущих параметров движения центра масс КА.

Библиографический список

1. Белянский П.В., Сергеев Б.Г. Управление наземными антеннами и радиотелескопами, М.: Сов. радио, 1980. - 280 с.

2. Лобич М.О., Рычков Д.В. Оценка точности позиционирования с применением оборудования ГНСС компании JAVAD GNSS // Геопрофи, Vol. 1, No. 1, 2015. - С. 39-43.

3. Чагина В.Г., Гришко Д.А. Расчёт движения космического аппарата на околокруговой орбите по данным TLE по упрощённой модели SGP // Наука и образование МГТУ им. Н. Э. Баумана, №. 1, 2016. С. 52-66.

4. Брускин Д.Э., Зорохович А.Е., Хвостов В.С. Электрические машины. Часть 2. М.: Высшая школа, 1987. - 335 с.

ANALYSIS THE CONTROL ACCURACY OF THE ANTENNA-FEEDER SYSTEM OF THE SPACECRAFT

© V.S. Novikov
Moscow Technological University, Moscow, Russia
e-mail: a.b.123@mail.ru

Abstract. An algorithm for the formation of a total pointing errors in the mode of control of an antenna-feeder device on in the spacecraft. The total error for the "Meteor-M" spacecraft № 3 was calculated.

Keywords: antenna-feeder system, total guidance error, guidance system, control algorithm, the spacecraft control.
УДК 621.396.946

МЕТОДЫ РЕЗЕРВИРОВАНИЯ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ СВЯЗИ

© Т.Э. Гельфман, О.Е. Гнучев, Р.Ю. Лобынцев
Московский технологический университет, Москва, Россия
e-mail: gelfman.tat@yandex.ru

Аннотация. Проведено исследование надежности скользящего резервирования в спутниковых системах связи при нагруженном и ненагруженном резерве. Показано преимущество ненагруженного резерва по сравнению с нагруженным резервом при скользящем резервировании. Проведенный анализ позволяет оптимально выбирать способ резервирования.

Ключевые слова. Надежность, спутниковые системы связи, скользящее резервирование, нагруженный и ненагруженный резерв.

Резервирование широко используется в военной и космической технике. В качестве примера рассмотрим системы спутниковой связи (ССС). С позиции анализа надежности спутниковые системы связи представляют собой восстанавливаемую резервированную систему длительного использования. ССС построена таким образом, что надежность любого их приема–передающего канала информации определяется надежностью оборудования земных станций с принадлежащими им соединительными линиями (если такие имеются) и надежностью космического сегмента КС (Понятие КС обозначает спутниковый ретранслятор (“ствол”)) со всеми системами искусственных спутников земли (ИСЗ), обеспечивающими его функционирование на орбите с учётом резервирования. Известные методы резервирования ССС (рис. 1) могут быть применены либо к системе в целом, либо к отдельным ее элементам или их группам.

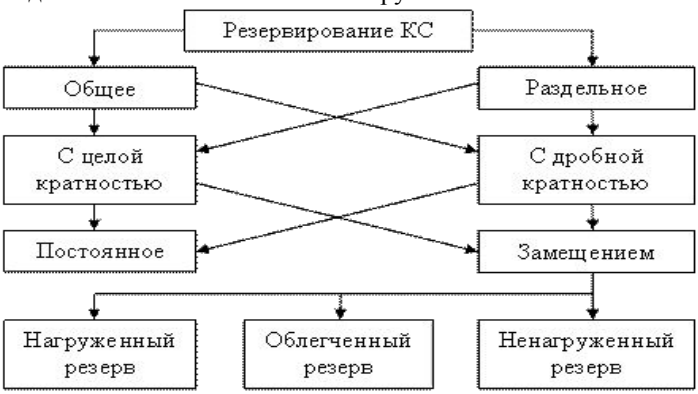


Рис. 1

В ССС нашло широкое применение скользящее резервирование [1, 2]. В качестве примера приведем логическую схему (рис.2) надеж-

ности бортовой аппаратуры спутника, которая включает в себя аппаратуру связи, командную и телеметрическую системы(3), систему питания (4) и систему ориентации(5). Аппаратура связи имеет скользящее резервирование и состоит из трех ретрансляторов (1), командная система(2) дублирована.

Скользящее резервирование – это резервирование замещением, при котором группа основных элементов объекта резервируется одним или несколькими резервными, каждый из которых может заменить любой отказавший элемент в данной группе. Скользящее резервирование всегда является активным, всегда имеется переключающее устройство, определяющее наличие отказа и включающее резервный элемент (рис. 3).

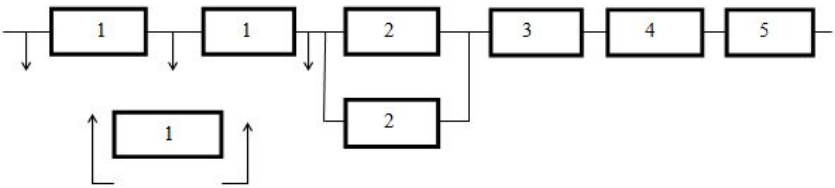


Рис. 2

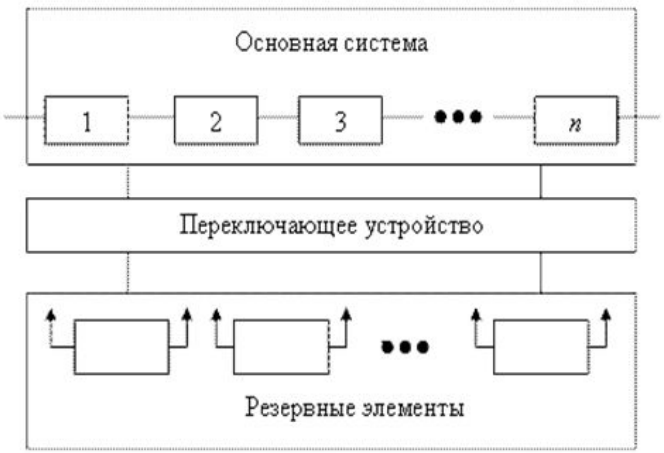


Рис. 3

Скользящее резервирование применяется только в тех случаях, когда изделие состоит только из однотипных элементов. Для осуществления скользящего резервирования необходимо иметь автоматическое устройство для

нахождения неисправного элемента и подключения вместо него резервного. Преимуществом такого резервирования по отношению к другим видам резервирования является то, что при идеальном автоматическом устройстве оно даёт выигрыш в надежности и снижение массогабаритных показателей ССС. Существуют рекомендации по выбору автоматических устройств коммутации с целью незначительного их влияния на надежность систем [1, 3].

В зависимости от режима работы различают:

Нагруженный резерв – резервный элемент находится в том же режиме работы, что и основной. Надежность элементов в период их работы в качестве резервных и в период их использования после отказа основных остается неизменной.

Облегченный резерв – резервный элемент находится в менее нагруженном режиме, чем основной. Надежность элементов в период их работы в качестве резервных выше, чем в период их использования после отказа основных.

Ненагруженный резерв – резервный элемент практически не несет нагрузки. Такой резервный элемент, находясь в резерве, отказывать не должен, т.е. обладает в этот период идеальной надежностью. В период же использования этого элемента вместо основного после отказа последнего надежность становится равной надежности основного. Рассмотрим, как нагруженное и ненагруженное резервирование влияет на надёжность ССС. Проведем анализ эффективности, которая определяется отношением показателя надежности резервированной системы к показателю надежности нерезервированной системы.

1. Расчёт скользящего резервирования с нагруженным резервом

Система состоит из n основных и m резервных элементов. Надежность всех элементов одинакова, и они находятся в нагруженном режиме. Кратность резервирования дробная и равна m/k. Вероятность безотказной работы системы равна:

$$P(t) = \sum_{k=0}^{m} C^{k}_{n+m} p^{n+m-k} q^{k}, \quad (1)$$

где p - вероятность безотказной работы элемента за время t,

q - вероятность наступления отказа элемента за время t,

n, m - количество соответственно основных и резервных элементов.

Пусть система состоит из 2-х основных элементов (n=2) и 1-го резервного элемента (m=1). Тогда логическая схема надежности имеет вид, представленный на рис. 4, а вероятность безотказной работы определяется выражением

$$P_{нагр.скольз.}=3p^2-2p^3. \quad (2)$$

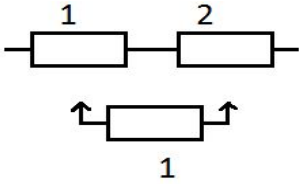


Рис. 4

Вероятность безотказной работы нерезервированного элемента равна

$$p = e^{-\lambda t},$$

поэтому

$$P_{\text{нагр скольз}} = 3e^{-2\lambda t} - 2e^{-3\lambda t}, \quad (3)$$

где λ - интенсивность отказов любого элемента. Эта функция представлена на рис. 5.

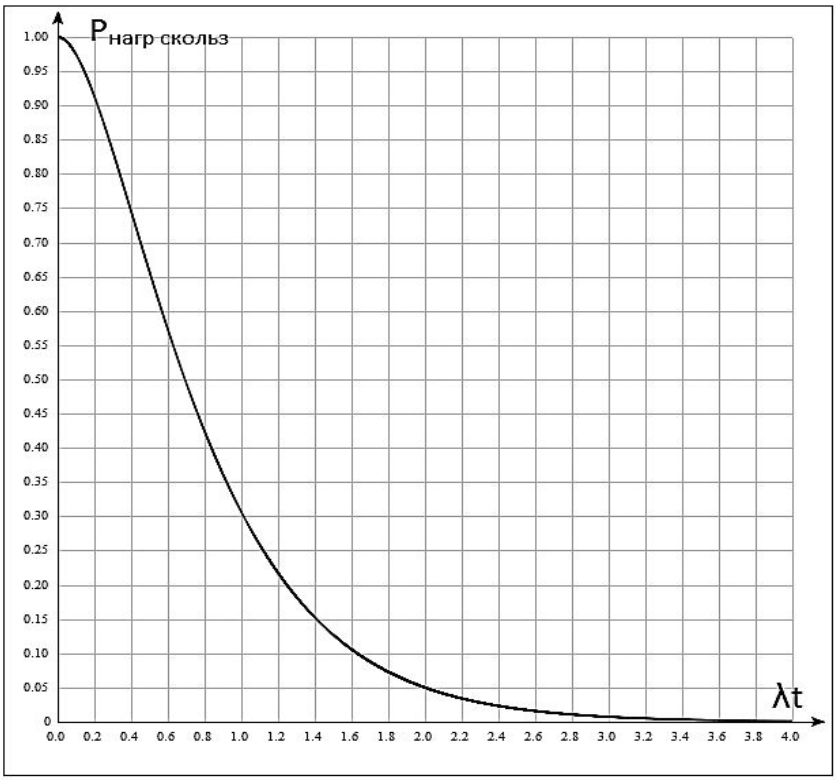


Рис. 5

Найдем выигрыш в надёжности по сравнению с нерезервированной системой, т.е. эффективность резервирования исследуемой системы, и представим эту функцию в виде графика рис. 6.

$$æ_1 = P_{нагр\ скольз}/P_{нерезерв} = 3\text{-}2\ e^{-\lambda t} . \quad (4)$$

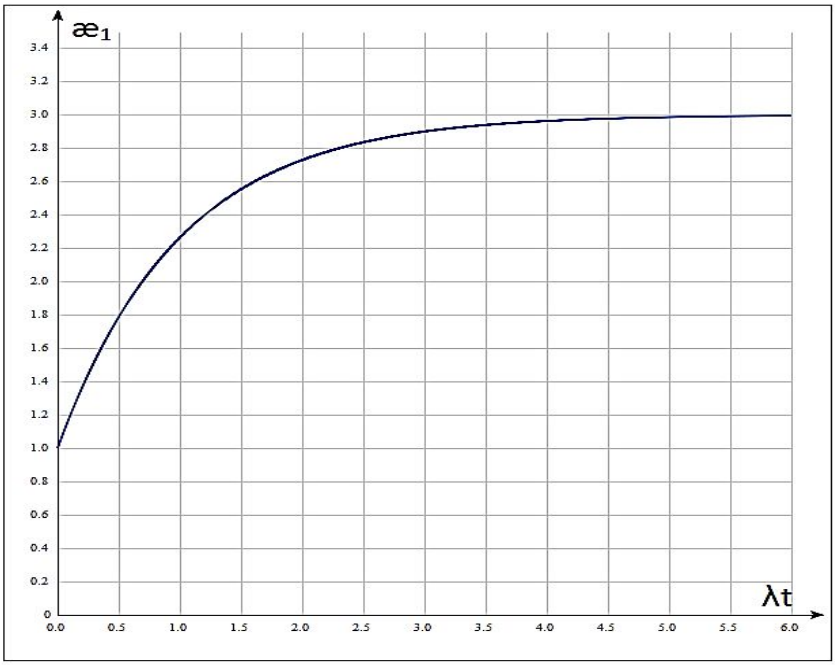


Рис. 6

2. Расчёт скользящего резервирования с ненагруженным резервом

В случае отказа любого из n основных элементов его заменяют резервным. Таким образом, в любой момент времени работает n элементов. Система безотказна, если число отказавших элементов не превышает m резервных элементов. Логическая схема надежности такая же, как в предыдущем случае рис. 4.

Вероятность безотказной работы системы равна:

$$P(t)= e^{-n\lambda t}\sum_{i=0}^{m}\frac{(n\lambda t)^{i}}{i!} . \quad (5)$$

Тогда для нашего случая(n=2, m=1):

$$P_{ненагр\ скольз}= e^{-2\lambda t}(1+2\lambda t) . \quad (6)$$

Функция (6) изображена на рис. 7

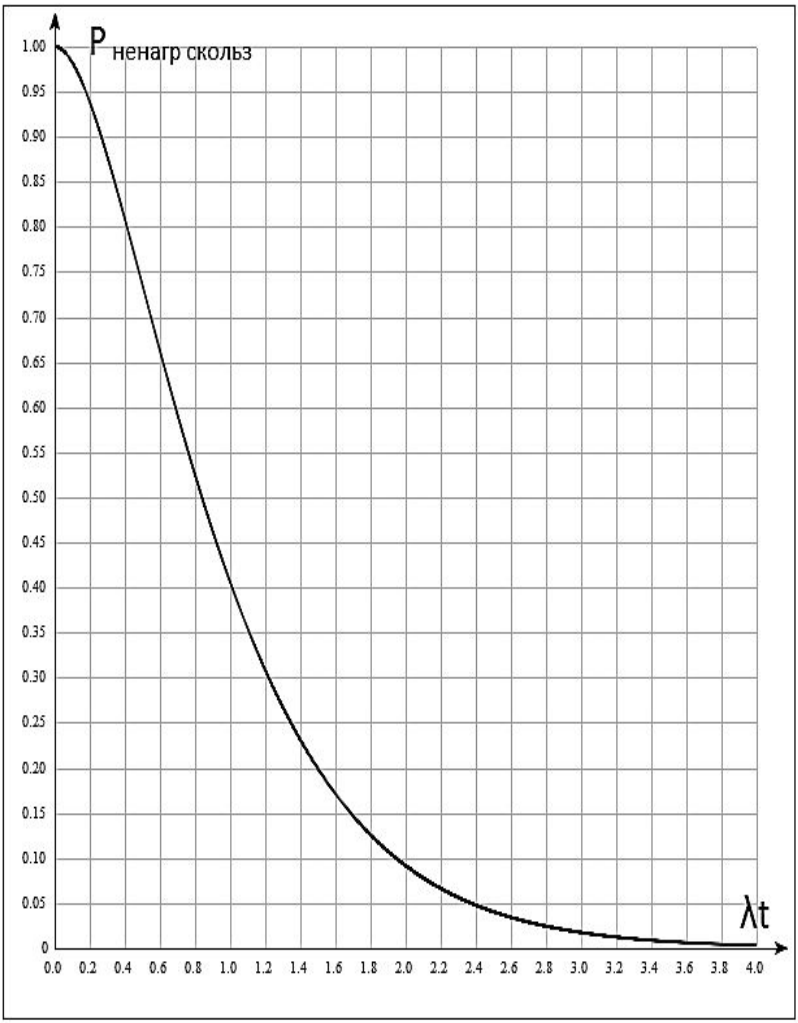


Рис. 7

Определяем выигрыш в надёжности по сравнению с нерезервированной системой и представим эту функцию на рис. 8.

$$æ_2 = P_{\text{ненагр скольз}}/P_{\text{нерезерв}} = (1+2\lambda t) \ . \qquad (7)$$

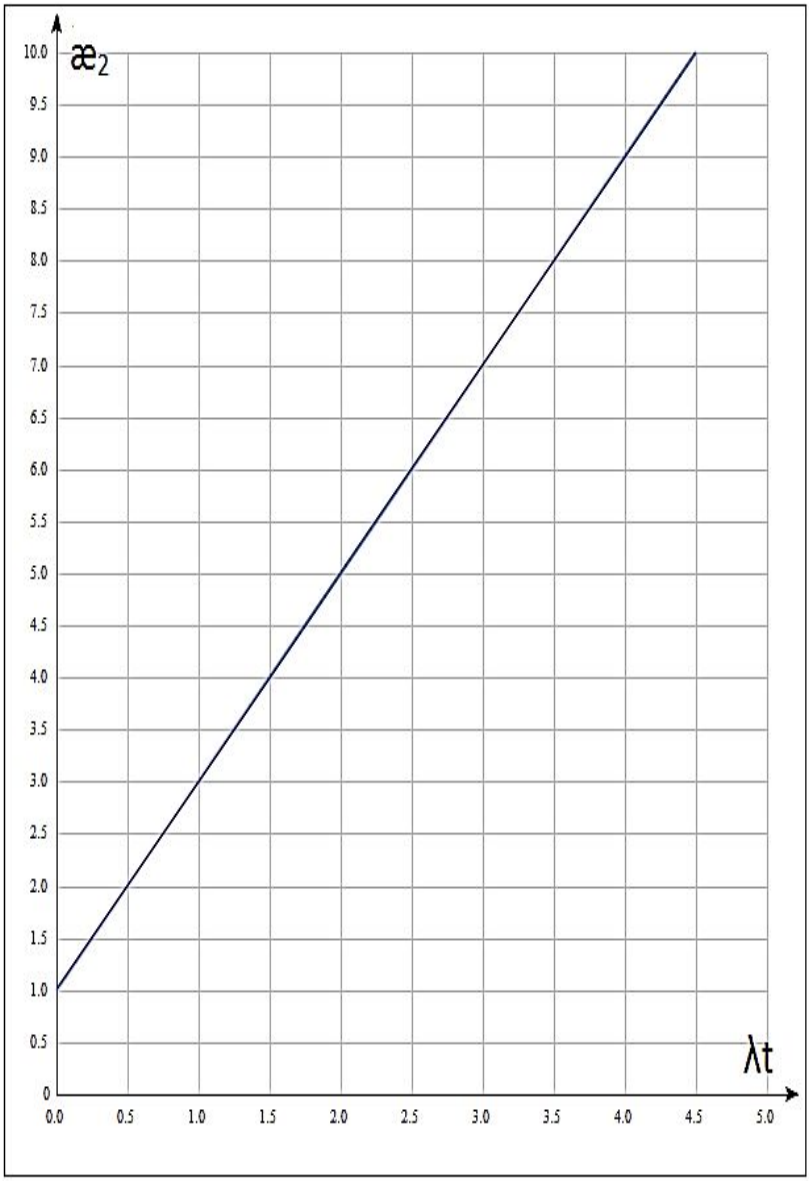

æ2
10.0
9.5
9.0
8.5
8.0
7.5
7.0
6.5
6.0
5.5
5.0
4.5
4.0
3.5
3.0
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0
4.5
5.0
λt

Рис. 8

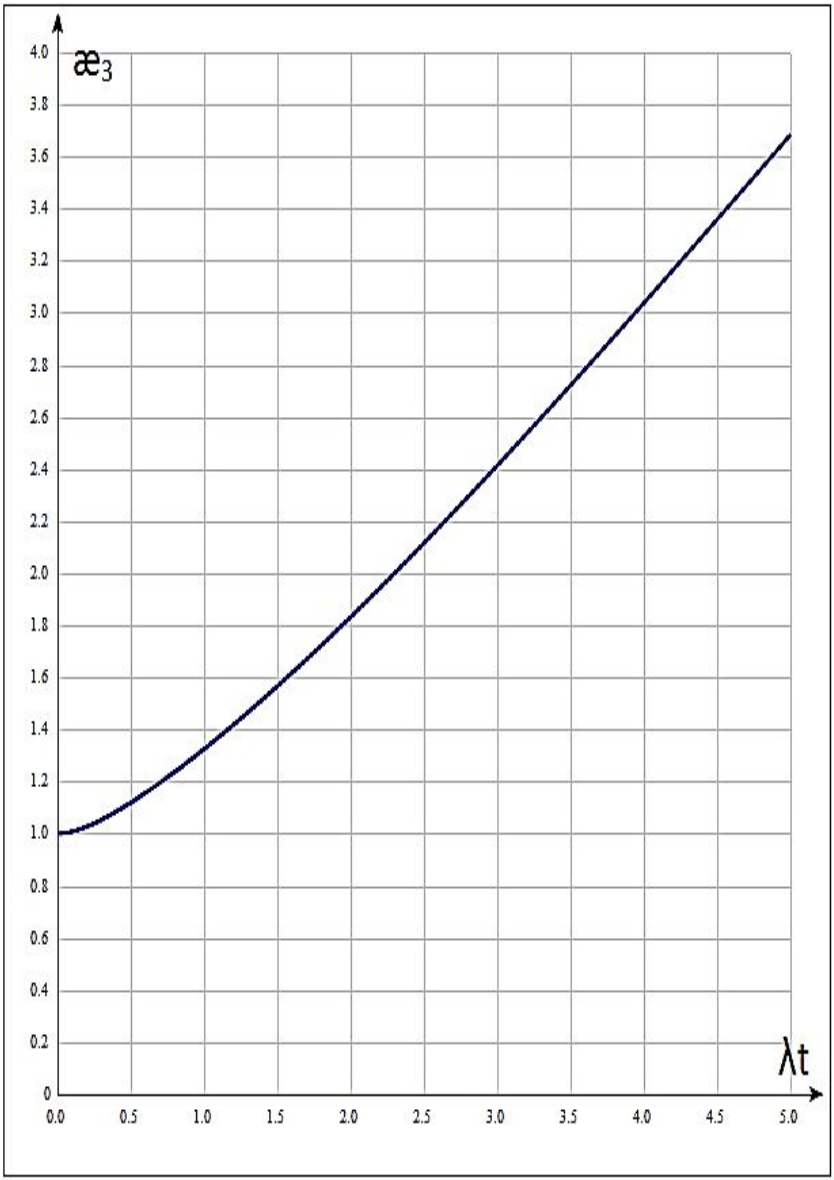

æ3
4.0
3.8
3.6
3.4
3.2
3.0
2.8
2.6
2.4
2.2
2.0
1.8
1.6
1.4
1.2
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0
4.5
5.0
λt

Рис. 9

Сравним скользящее резервирование с помощью функций эффективности резервирования исследуемых систем с нагруженным и ненагруженным резервом и представим эту функцию на графике рис. 9.

$$æ_З = P_{\text{ненагр скольз}} / P_{\text{нагр скольз}} = e^{-2\lambda t}(1+2\lambda t)/(3e^{-2\lambda t}-2e^{-3\lambda t}) \qquad (8)$$

Анализ графиков (рис. 5 - 9) показывает, что использование ненагруженного резерва более эффективно по сравнению с нагруженным резервом, т.к. дает больший выигрыш в надежности систем $æ_З>1$, а также позволяет снизить расход потребляемой энергии. Однако следует учитывать, что большее быстродействие обеспечивает скользящее резервирование с нагруженным резервом.

Библиографический список

1. Ямпурин М.П., Баранова А.В. Основы надежности электронных средств. – М.: Издательский центр «Академия», 2010, – 240 с.
2. Половко А.М., Гуров С.В. Основы теории надежности. - СПб.: БХВ-Петербург, 2006, - 704 с.
3. Гельфман Т.Э., Калмыков М.Н., Сердитов А.А. Эффективность резервирования замещением с учетом надежности коммутирующего устройства. Международная конференция «Радиоэлектронные устройства и системы для инфокоммуникационных технологий». Труды РНТОРЭС им. А.С. Попова, вып. LXVIII.- М.: 2013. С. 261-264.

RESERVATION METHODS SATELLITE COMMUNICATION SYSTEMS

©T.A. Gelfman , O.E. Gnuchev, R.U. Lobincev
Moscow Technological University, Moscow, Russia
e-mail: gelfman.tat@yandex.ru

Abstract. A study of reliability of sliding redundancy in satellite communication systems when loaded and unloaded reserve. Shows the advantage of unloaded reserve compared with loaded with sliding reservation. The analysis allows you to optimally choose method of redundancy.

Keywords. Reliability; satellite communication systems, sliding redundancy, loaded and unloaded reserve.

УДК 004.62

МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ВЫБОРУ РАЦИОНАЛЬНОГО СОСТАВА НАЗЕМНЫХ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ИОНОСФЕРЫ

© С.И. Белоусов, Н.А. Тихомирова, И.В. Суровцева, В.К. Иванов, В.О. Скрипачев
Московский технологический университет (МИРЭА), г. Москва, Россия
e-mail: skripachev@mirea.ru

Аннотация. Рассмотрены современные наземные радиотехнические средства мониторинга ионосферы. Алгоритмически реализован метод парных сравнений для выбора рационального состава радиотехнических комплексов диагностики состояния среды исходя из зоны обзора, возможности мобильности средства и энергопотребления. Показано, что по предложенным критериям оптимальными для мониторинга ионосферы являются приемники СДВ- и GPS-сигналов и приемник дискретных радиосигналов.

Ключевые слова. Ионосфера, мониторинг, наземные радиотехнические средства, критерии отбора, метод парных сравнений, экспертное оценивание, коэффициент согласованности.

Распространение радиоволн взаимосвязано с состоянием ионосферы Земли. Наблюдая за ее модификацией можно диагностировать проявление эффектов солнечных вспышек, аварийные ситуации на АЭС, а также природные явления, связанные с сейсмической активностью и извержениями вулканов.

Изучение ионосферы началось в 20-х годах прошлого века. Большая часть знаний, которые имеются на сегодняшний день о динамике и структуре ионосферы, была получена благодаря радиофизическим методам. В настоящее время активно используются как бортовые, так и наземные средства мониторинга ионосферы.

Рассмотрим наиболее распространенные наземные радиотехнические средства мониторинга ионосферы и определим рациональный состав методом парных сравнений по трем критериям: зона обзора, возможность мобильности средства, энергопотребление.

1. Наземные радиотехнические средства мониторинга ионосферы

Наземный ионозонд вертикального зондирования является старейшим способом системного радиозондирования, не теряющего актуальность

и в настоящее время, который позволяет получить информацию об изменениях электронной концентрации в ионосфере [1]. Ионозонд – радиолокатор, измеряющий высоту отражений радиоволн в диапазоне плазменных частот ионосферы (рис.1.).

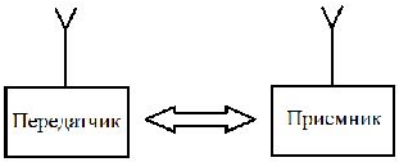


Рис.1. Упрощенная структурная схема наземного ионозонда вертикального зондирования.

Принцип действия этого устройства состоит в том, что оно должно создать сигнал, излучить его вверх и принять отраженный эхо-сигнал от ионосферы. Затем обработать сигнал и представить данные в соответствующей форме, удобной для анализа. Фактически, ионозонд измеряет не высоту, а время, за которое радиоволна достигает своего уровня отражения и возвращается обратно.

Для вычисления высоты отражения необходимо знать время, за которое совершается передача и прием сигнала, умножить его на скорость света в вакууме. Однако и этот результат не будет истинной величиной высоты отраженного сигнала. Это связано с тем, что скорость радиоволны в плазме меняется под действием различных факторов, поэтому полученная величина («действующая» высота) будет несколько больше истинной.

Отличие цифровых от аналоговых ионозондов состоит в том, что управление характеристиками ионозонда и анализ информации осуществляется компьютером, который входит в состав аппаратуры. Характерная черта таких ионозондов – наличие цифрового синтезатора частот.

В свою очередь, цифровые наземные ионозонды подразделяются на 3 типа: дигизонд, диназонд, кинезонд [2].

Дигизонд получил свое название от аббревиатуры «Digital Integrating Goniometric Ionospheric Sounder». Предназначение всех дигизондов – исследование распространения радиоволн коротковолнового диапазона в волноводе Земля-ионосфера, их кратковременное прогнозирование, а также научные исследования (изучение структуры и динамики ионосферы).

Диназонд – динамический цифровой ионозонд. Предназначение диназондов – реализация всех возможностей полного внутреннего отражения высокочастотных радиосигналов для высокоточной диагностики динамических процессов и структурных особенностей ионосферной плазмы.

Особенность диназонда – его методы обработки данных. Это отличие от дигизонда состоит в том, что диназонд не преобразовывает временные вариации фазы в частотный спектр. Каждый его отраженный от ионосферы сигнал рассматривается как самостоятельный объект, «радиоэхо», характеризующийся рядом физических свойств. Радиоэхо полностью занимает более обобщенное понятие «ячейка в пространстве дальность-частота», которое берет свое начало от обработки аналоговых ионограмм «попиксельным» методом. Таким подходом обеспечивается высокая точность всех измеряемых параметров и хорошая статистика результатов.

Кинезонд, в отличие от диназонда и дигизонда, подразумевает комплекс разнесенных приемников, оснащенных элементами традиционного цифрового ионозонда. Кинезонд предназначен для определения ионосферных движений и позволяет изучать размеры, форму, анизотропию, время жизни неоднородностей – тонкую структуру ионосферы.

Следующий метод мониторинга ионосферы осуществляется с помощью приемника СДВ-сигналов (3-30 кГц) (рис.2.).

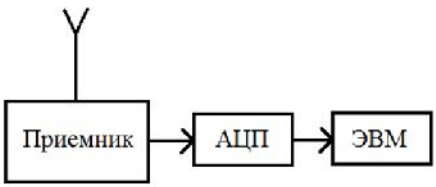


Рис.2. Упрощенная структурная схема радиотехнического комплекса приема СДВ-сигналов.

Суть метода заключается в следующем: сигнал, посланный с СДВ (сверхдлинноволнового) радиопередатчика, отражается от нижних слоев ионосферы (слой *D*) и поступает на приемник. Высота отражения сигнала и степень его поглощения (затухания) ионосферой определяется различными гелиогеофизическими или антропогенными факторами, что проявляется в характеристиках принимаемого сигнала. После обработки поступивших данных, можно судить о состоянии среды [3].

С появлением и развитием глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) стал возможен еще один метод мониторинга ионосферы – с помощью приемника сигналов ГНСС GPS/ГЛОНАСС. При этом анализу подлежит сигнал, принятый с борта навигационного космического аппарата. Этот способ позволяет диагностировать такой параметр, как полная электронная концентрация (ПЭС) на трассе спутник-Земля [4].

С помощью радаров некогерентного рассеивания возможно получение информации о ПЭС, ионном составе, температуре дрейфа плазмы

вдоль области зондирования, температуре электронов и ионов. В отличие от СДВ-зондирования, в данном методе анализу подлежат очень слабые радиосигналы, проходящие через ионосферу [5].

Еще одним средством для мониторинга ионосферы является приемник дискретных радиосигналов. Данное устройство принимает сигналы с фиксированной частотой с космических аппаратов, находящихся на низких орбитах. Сигналы, поступившие на приемник, сравниваются по фазе, после чего можно сделать выводы о модификации ПЭС [6].

2. Определение рационального состава наземных средств мониторинга ионосферы

В основе методики выбора рационального состава наземных радиотехнических средств мониторинга ионосферы применяется экспертное оценивание с помощью метода парных сравнений [7]. Алгоритм реализации данной методики представлен на рис.3.

Рис.3. Алгоритм определения рационального состава радиотехнических средств зондирования.

Процесс отбора начинается с определения исходных данных: построение матриц экспертного оценивания наземных радиотехнических средств по трем критериям (табл.1), задается величина погрешности ε.

Таблица 1. Общий вид матрицы экспертного оценивания.

Наземные радиотехнические средства	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5
A_1	a_{11}	a_{12}	a_{13}	a_{14}	a_{15}
A_2	a_{21}	a_{22}	a_{23}	a_{24}	a_{25}
A_3	a_{31}	a_{32}	a_{33}	a_{34}	a_{35}
A_4	a_{41}	a_{42}	a_{43}	a_{44}	a_{45}
A_5	a_{51}	a_{52}	a_{53}	a_{54}	a_{55}

Каждый эксперт (N=7) заполняет матрицу, где A1…A5 – средства радиозондирования: приемник СДВ-сигналов, ионозонд вертикального зондирования, приемник GPS, приемник дискретных сигналов, радар некогерентного рассеивания, исходя из попарного сравнения по шкале оценок.

$$a_{i,j} = \begin{cases} 0, A_i \prec A_j \\ 1, A_i \approx A_j \\ 2, A_i \succ A_j \end{cases}. \quad (1)$$

В результате оценивания эксперты заполняют три таблица по выбранным критериям (К1 – зона обзора, К2 – возможность мобильности средства, К3 – энергопотребление). Всего получится 21 таблица (матрица).

Затем столбцы каждой матрицы суммируются между собой, образовывая вектор p, который называют весовым коэффициентом:

$$\boldsymbol{p}^t = A\boldsymbol{p}^{t-1}, \quad (2)$$

где t – номер итерации.

Далее значения вектора суммируются, образуя нормирующий множитель λ:

$$\lambda^t = \sum_i p_i^t, \quad (3)$$

где i – номер элемента вектора p.

Это действие необходимо для выполнения процедуры нормирования, так как в процессе итерирования значения весовых коэффициентов могут принимать большие значения. С учетом процедуры нормирования, весовые коэффициенты p имеют вид:

$$p^t = \frac{1}{\lambda^t} A p^{t-1}. \quad (4)$$

Сравнение рассчитываемой точности с заданной ε выполняется по формуле:

$$\varepsilon > \left| p^t - p^{t+1} \right|. \quad (5)$$

Если значение ε по каждой таблице удовлетворяет условию

$$\varepsilon < 0.05, \quad (6)$$

то осуществляется переход к другому этапу методики. В противном случае - следующая итерация.

Расчета средней оценки включает в себя три вида вычислений:

- расчет средней оценки по критерию;
- расчет средней оценки по эксперту;
- расчет средней оценки по всем экспертам.

Расчет средней оценки по критерию заключается в следующем: для сформированных оценок каждого эксперта значения по столбцам складываются между собой и делятся на 7 (число экспертов). Аналогично проводится расчет средней оценки по эксперту. Здесь оценки каждого эксперта по всем критериям суммируются и делятся на число критериев. В завершении рассчитывается средняя оценка по экспертам.

Полученные средние оценки по критериям необходимо упорядочить, для этого и выполняется ранжирование, результаты которого представлены в табл.2. При этом R_{K1}, R_{K2}, R_{K3} – ранги по критериям, значимость в порядке возрастания значений.

Таблица 2. Результаты ранжирования.

K1	K2	K3	R_{K1}	R_{K2}	R_{K3}	$R_{K1}+R_{K2}+R_{K3}$	$(R_{K1}+R_{K2}+R_{K3})^2$
0,993642	0,83693	0,7638	5	5	5	15	225
0,690834	0,516625	0,912363	4	4	4	12	144
0,821525	0,890876	0,821174	3	2	2	7	49
0,688248	0,77272	0,896679	1	3	1	5	25
0,647499	0,948987	0,531614	2	1	3	6	36
						45	479

Так как групповая оценка может быть достаточно надежной только при условии согласованности ответов экспертов, то рассчитаем коэффициент согласованности по формуле:

$$W = \frac{12S}{m^2(n^3 - n)}, \quad (7)$$

где $m = 3$ – количество критериев, $n = 5$ – количество средств мониторинга, S – разность между суммой квадратов рангов и средним квадратом рангов, которая определяется по формуле:

$$S = \sum_m^n (\sum_j^m R_{ij})^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m R_{ij})^2}{n}, \quad (8)$$

где R_{ij} – ранг, присвоенный i-му значению j-го признака.

Значимость коэффициента согласованности оценивается по критерию χ^2. Расчетное значение $\chi^2_{расч}$ при отсутствии связных рангов определяется по формуле:

$$\chi^2_{расч} = \frac{12S}{mn(n+1)}. \quad (9)$$

Если расчетное значение $\chi^2_{расч}$ превышает табличное $\chi^2_{табл}$, то при заданном уровне значимости $\alpha = 0.05$ и числе степеней свободы $\nu - n - 1 - 1$, коэффициент согласованности считается значимым.

В результате расчетов:

$$S = 74$$
$$W = 0.8$$
$$\chi^2_{расч} = 9.87$$
$$\chi^2_{табл} = 9.488$$
$$\chi^2_{расч} > \chi^2_{табл}$$

Таким образом, коэффициент согласованности является значимым, что свидетельствует о сильной связи между оценками экспертов.

В табл. 3 приведены средние оценки по всем экспертам и итоговая перспективность.

Таблица 3. Результирующие экспертные оценки.

Наземные радиотехнические средства	Эксперт 1	Эксперт 2	Эксперт 3	Эксперт 4	Эксперт 5	Эксперт 6	Эксперт 7	Итоговая перспективность
A_1	0,782119	0,761417	1,060523	0,821689	0,955859	0,585935	1,085994	0,864791
A_2	0,547685	0,754309	0,488797	1,004182	0,411773	0,869552	0,869953	0,706607
A_3	0,367861	0,698796	0,753346	0,974542	1,321952	0,81198	0,983201	0,844525
A_4	0,720858	1,048631	0,679318	0,877676	0,585402	0,863431	0,725861	0,785882
A_5	0,780158	0,830809	0,875094	0,718654	0,582092	0,598418	0,580343	0,709367

Применив относительное нормирование по максимальному из значений, получим следующий вектор итоговой перспективности (рис.4), который характеризует степень соответствия выбранного рационального состава наземных радиотехнических средств заданным критериям:

$$P = \begin{pmatrix} 1 \\ 0.817084 \\ 0.976565 \\ 0.908754 \\ 0.820276 \end{pmatrix}$$

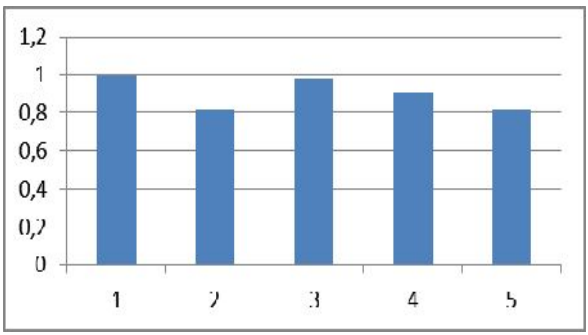


Рис.4. Нормированный вектор итоговой перспективности.

Как видно по рис.4. оптимальными для мониторинга ионосферы являются радиотехнические средства А1, А3 и А4, то есть приемник СДВ-сигналов, приемник GPS-сигналов и приемник дискретных радиосигналов.

Предложенный в данной работе метод парных сравнений является динамичным, то есть универсальность реализующего алгоритма позволяет адаптировать его под конкретное техническое задание, выбрав необходимое и достаточное количество радиотехнических средств для мониторинга, критерии их отбора и число экспертов.

Библиографический список

1. Данилкин Н.П. Системное радиозондирование - основа построения службы контроля состояния ионосферы // Труды института прикладной геофизики имени академика Е.К. Федорова. Выпуск 87. 2008. 10-31с.

2. Мялковский В.В., Власова К.В., Бузинский Н.Л., Бессонов В.А. Ионосферная станция вертикального зондирования «ВЕКТОР» // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. 2013. Вып. 4. С. 62–70.

3. Скрипачев В.О., Назаренко А.С., Полушковский Ю.А., Пирхавка

А.П. Программное обеспечение обработки данных VLF-сигналов для мониторинга ионосферы.

4. Anna Swiatek, Iwona Stanislawska, Total electron content obtained with the use of selected GPS satellites. Space Research Centre, 00-7 16 Warsaw, Bartycka 18a, Poland.

5. История развития радиолокационных исследований верхней атмосферы Земли: [Электронный ресурс] // ИЗМИРАН. Троицк, URL: http://sphere.izmiran.ru:43080/left-meny-data-Domen/right_meny/1_history/history.htm. (Дата обращения: 01.05.2017).

6. Шагимуратов И.И., Черняк Ю.В., Захаренкова И.Е., Якимова Г.А. Использование карт полного электронного содержания для анализа пространственно-временной структуры ионосферы // Химическая физика. 2013. Т. 32. № 9. С. 1–8.

7. Улитина Е.В., Леднева О.В., Жирнова О.Л. Статистика: учеб. пособие/ Е.В. Улитина, О.В. Леднева, О.Л. Жирнова, под ред. Е.В. Улитиной – 3-е изд. стереотипное. - М.: Московская финансово-промышленная академия, 2011. – 312 с. (Университетская серия).

METHODICAL APPROACH TO THE ELECTION OF THE RATIONAL COMPOSITION OF GROUND RADIO ENGINEERING FACILITIES FORMONITORING THE IONOSPHERE

© S.I. Belousov, N.A. Tikhomirova, I.V. Surovtseva, V.K. Ivanov, V.O. Skripachev
Moscow Technological University (MIREA), Moscow, Russia
e-mail: skripachev@mirea.ru

Abstract. Modern ground-based radio engineering means for monitoring the ionosphere are considered. Algorithmically implemented is the method of pairwise comparisons to select the rational composition of radio engineering complexes for diagnosing the state of the ionosphere from the viewpoint, the mobility of the means and the energy consumption. It is shown that, according to the proposed criteria, the receivers of VLF and GPS signals and a receiver of discrete radio signals are optimal for monitoring the ionosphere.

Keywords. Ionosphere, monitoring, ground-based radio engineering means, criteria of selection, method of pairwise comparisons, expert evaluation, coefficient of concordation.

УДК 623.465.56

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ЗАВЯЗКИ ТРАЕКТОРИИ ЦЕЛИ В LABVIEW

© Демидова А.С.
Центр военно-морских разработок и поставок «Альтаир» №47,НТЦ «Альтаир», г. Москва, Россия
E-mail: Nastya.ademidova@yandex.ru

Аннотация. Основной задачей данной работы является разработка алгоритма завязки траектории цели. Имитатор написан в среде разработки лабораторных виртуальных приборов LabVIEW, которая имеет ряд преимуществ над другими.

Имитатор предназначен для работы в составе комплексного стенда для отладки и проверки работоспособности изделий военно-промышленного комплекса и моделирования реальной тактической обстановки.

Данный алгоритм поможет избежать ошибок в области определения целей, захваченных радиолокатором. Например, таких как раздвоение одной цели (в связи с разными показаниями различных абонентов всего комплекса), или определение разных целей как одной.

Ключевые слова. Радиолокатор, алгоритм, завязка трасс.

Предметом данной работы является разработка алгоритма завязки траектории цели. Данный алгоритм поможет различать ложные и истинные цели, а так же различать одиночные и групповые цели.

В целом имитатор радиолокационной станции служит для обнаружения, слежения, и передачи координат зенитно-огневым средствам для уничтожения противника.

В дальнейшем этот алгоритм будет внедрен в сам имитатор, разработанный в среде LabVIEW.

1. Основные понятия по радиолокации и завязки трасс

Завязка траектории состоит из нескольких этапов.

Первичная обработка информации представляет результаты обработки в виде отметок объектов за один обзор (после обнаружения и измерения координат), а также прокладываемые по ним траектории объектов, которые оказываются либо истинными, либо ложными. Это объясняется наличием шумов и помех при регистрации исходных данных и погрешностями оценки координат. Дополнительные погрешности обработки объяс-

няются сложностью траектории объекта, а также неточностью последующих действий: предсказанием перемещения объекта (экстраполяции).

Если появилась отметка в некоторой точке зоны обзора РЛС, то необходимо принять ее за исходную отметку траектории нового объекта. При известных минимальной и максимальной скорости движения объекта можно очертить предполагаемые границы области, в которой может находиться отметка объекта в следующем обзоре. Эти границы условно представляются в виде двух окружностей: меньшей с радиусом $r_{min} - V_{min}T_{обз}$ и большей с радиусом $r_{мак} - V_{max}T_{обз}$. Операция формирования областей называется апробированием, а сами области - стробами. Математический строб может быть любой формы, в данном случае используется круг. В строб может попасть не одна, а несколько отметок. Каждую из них можно принять за начало траектории. По двум отметкам в стробе за два последовательных обзора можно вычислить скорость и направление движения каждого из объектов и рассчитать положение отметки на следующий (третий) обзор. Если расстояние между первой и второй отметками r_{12}, то среднюю скорость можно определить из соотношения $V_{ср} - r_{12}/T_{обз}$ новое положение отметки экстраполировать по формуле $r_{23=}V_{ср}T_{обз}$.

Вокруг экстраполированных отметок вновь образуются круговые стробы, размеры которых определяют, исходя из возможных ошибок предсказания и формирования отметок. При сопровождении траектории маневрирующего объекта размеры стробов следует рассчитывать с учетом сложности возможного маневра объекта. Если в какой-либо строб в третьем обзоре попала отметка, то она считается принадлежащей обнаруживаемой траектории и эта траектория продолжается. При попадании отметок в k стробов подряд принимается решение об обнаружении траектории, и она передается на сопровождение (критерий k из n).

Обнаружение отметок в стробах, а также оценка начальных значений параметров траектории иногда называется завязкой траектории. Непрерывное отнесение вновь полученных отметок к прокладываемой траектории и уточнение параметров движения называют сопровождением траектории.

Таким образом, в процессе автосопровождения цели выполняются следующие операции: оценка параметров траектории цели; экстраполяция параметров траектории на следующий обзор или несколько обзоров; формирование нового строба, в котором с некоторой вероятностью ожидается появление новой отметки; селекция отметок в стробе с целью выбора одной из них для продолжения траектории.

Вторичная обработка информации предназначена для формирования трасс объектов на основе данных с устройства первичной обработки (УПО). На основе данных первичной обработки осуществляется экстраполяция положения объектов - определение их курса, скорости и высоты и прогнозирование положения объекта в следующем периоде обзора. В процессе вторичной обработки повышается устойчивость сопровождения объектов (объект экстраполируется несколько периодов обзора после пропадания объекта, что позволяет сопровождать объект с неустойчивой отметкой). Также оператор осуществляет отбрасывание ложных объектов и трасс. Первоначально в момент появления вторичная обработка осуществлялась с помощью комплексов средств автоматизации автоматизированной системы управления (КСА АСУ), современные РЛС самостоятельно осуществляют данную обработку, при этом при необходимости обработка может быть перенесена на КСА по команде его оператора. Для этого на вход требуется передать исходные данные, полученные первичной обработкой.

Результатом вторичной обработки являются номера объектов, координаты, скорость, курс, высота, а также другие характеристики в зависимости от РЛС. Результаты вторичной обработки пригодны для выдачи информации потребителям, также применяются для управления другими радиолокационными средствами, например радиовысотомером. Обработка проводится оператором сопровождения вручную; КСА АСУ или - пунктом обработки радиолокационной информации (ПОРИ) полу- и автоматически.

Рассмотрим процесс сопровождения траектории объекта при вторичной обработке информации обзорной двухкоординатной РЛС.

Первая операция, подлежащая выполнению в процессе сопровождения, состоит в уточнении параметров траектории по всем координатам, измеренным в процессе завязки траектории.

Второй операцией является сглаживания траектории и экстраполяция параметров на следующий обзор. Выделим теперь в зоне обзора некоторую круговую стробируемую область с центром, совпадающим с экстраполированной точкой. При известных статистических характеристиках ошибок экстраполяции и измерения координат можно определить вероятность попадания новой отметки в строб сопровождения или, задавшись вероятностью попадания в строб, можно рассчитать размеры строба. Если они выбраны так, что вероятность попадания в строб истинной отметки велика, то отметку, попавшую в строб, следует считать принадлежащей данной траектории, а отметки за пределами строба - ложными или принадлежащими другим траекториям.

Однако в строб сопровождения может попасть не одна, а несколько отметок, в том числе и ложных. Из них нужно выбрать только одну отметку для продолжения траектории. Может возникнуть и такая ситуация, когда в стробе не оказывается ни одной отметки. В этом случае целесообразно принять точку экстраполяции за истинную отметку и считать ее продолжением траектории.

Таким образом, в процессе автосопровождения объекта выполняются следующие операции:

- оценка параметров траектории объекта;
- экстраполяция параметров траектории на следующий обзор или несколько обзоров;
- формирование нового строба, в котором с некоторой вероятностью ожидается появление новой отметки;
- селекция отметок в стробе с целью выбора одной из них для продолжения траектории.

2. Разработка алгоритма

В процессе третичной обработки происходит сопоставление информации, полученной от нескольких источников. Данными для третичной обработки являются трассы объектов, полученные в результате вторичной обработки от различных источников РЛС, координаты источников радиолокационной информации (РЛИ) и их характеристики.

Алгоритм завязки трасс, когда мы получили только одну отметку цели, должен выглядеть как на рис.1.

Алгоритм, начинает свою работу (см. рис. 1 «Начало»), когда поступают, отметки цели, т.е. радиолокатор, сделал оборот и засек объект с координатами, направлением и скоростью (см. рис. 1 «Входные параметры»). Далее определяем строб, как это делает описано выше (См.рис.1 «По вектору скорости определяем радиус строба»). РЛС делает новый оборот, и оператор проверяет, получили ли новые отметки цели (см. рис.1 разветвление «Получили отметки цели?»). Если получили, то проверяет, попали ли отметки в строб (т. е. угадали ли её движение, и не совершила ли цель маневра (см. рис.1 «Попали в строб?»)). Далее отображаем строб (см. рис.1 «Рисуем строб»). И так до тех пор, пока наша отметка не попадет в строб 3 раза. Именно тогда цель считается захвачена, а по её типу движения и маневренности можем определить её тип.

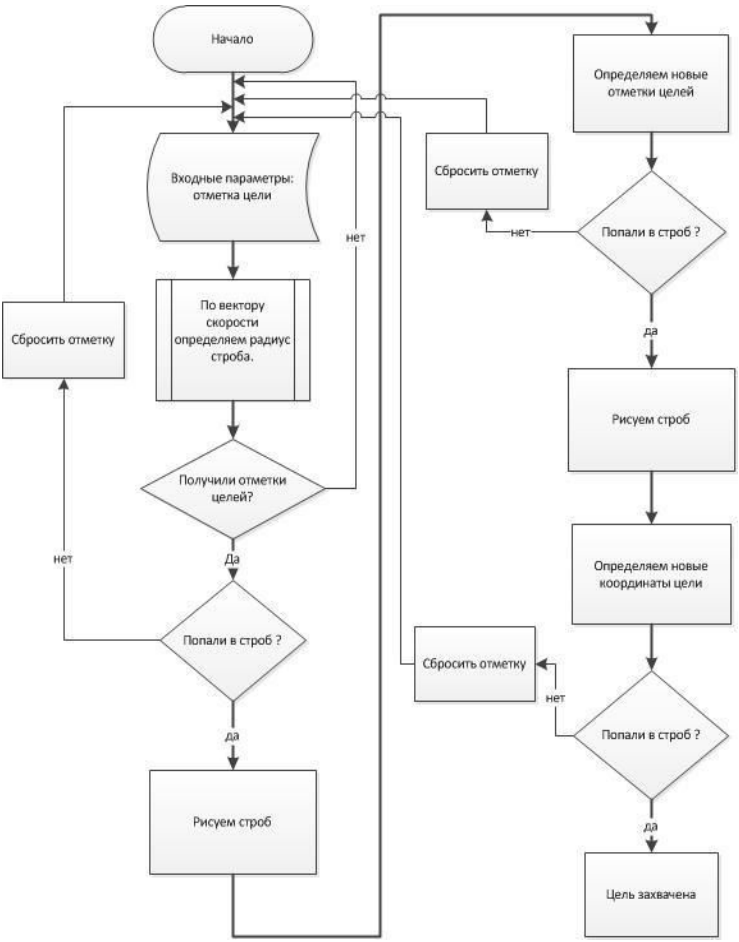


Рис.1. Алгоритм завязки трасс с одной отметкой.

Для случая, когда у нас сразу появляется несколько отметок алгоритм иной, мы разберем только для появления двух отметок (см. рис.2).

Алгоритм начинает свою работу, теперь, когда появится пара отметок целей (см. рис.2 «Начало» и «Входные параметры»). По максимальному вектору скорости мы получаем строб (см. рис.2 «По векторам скорости определяем радиусы строба»). Если один строб будет находиться внутри другого (см. рис. 2 разветвление «Один строб находится внутри другого»), то возможно,

что это групповая цель, и нам надо дальше это понять так ли это. Мы опять рисуем строб по большему вектору скорости (см. рис.2 «Рисуем строб с большим радиусом»). РЛС делает оборот и возможно 3 варианта развития событий: мы опять получили две отметки (см. рис. 2 ветка «Мы получили две отметки?»), мы получили одну отметку (см. рис. 2 ветка «Мы получили одну отметку?») и мы не получили ни одной отметки (см. рис.2 мы возвращаемся в «Начало»). И таким образом мы получаем либо две близко летящие цели (они же групповые), либо мы понимаем, что получили где-то ложную цели (погрешность прибора, например), либо обе отметки окажутся ложными. Здесь, так же как и при алгоритме с одной целью, если отметки цели попадают в строб 3 раза, мы считаем, что цель захвачена.

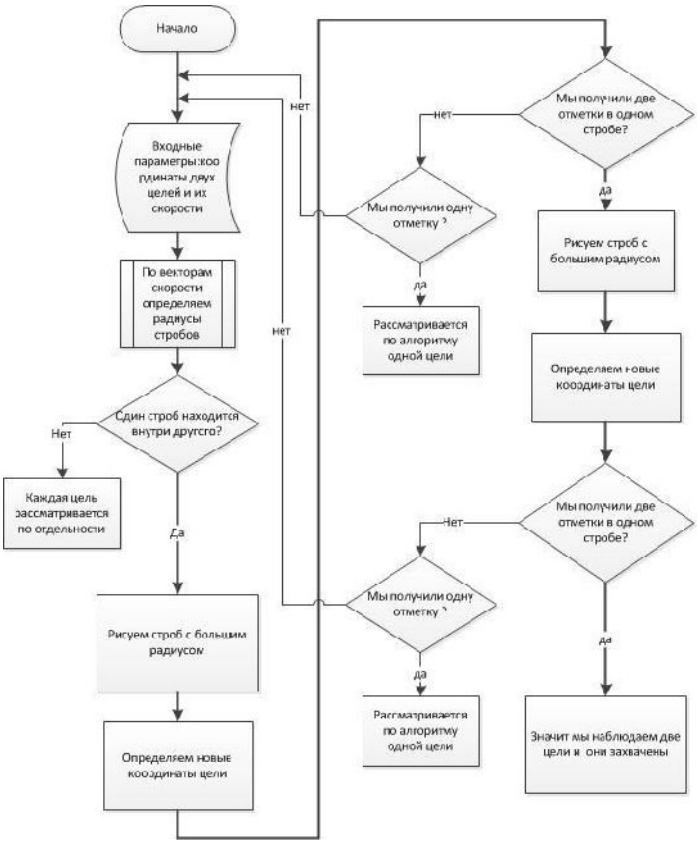


Рис.2. Алгоритм завязки трасс с двумя парами отметок.

В рамках данной работы были изучены материалы по радиолокации, разработан алгоритм завязки трасс.

Вначале работы был приведён обзор принципов радиолокации, а также основные определения и термины, которые используются в рамках данной работы. В работе приведены несколько видов алгоритмов, для одной цели и двух. Приведены соответствующие иллюстрации.

Выводы которые может сделать оператор после того как цель 3 раза попала в строб:

1) сколько реальных целей,
2) избежать ложных целей,
3) избежать непопадания, в связи с тем, что цель совершила неожиданный маневр,
4) назначить в зависимости от параметров цели верное огневое средство.

Библиографический список

1. Михеев П.М. Учебный курс LabVIEW Основы I.-М.:2007.
2. Евдокимов Ю.К LabVIEW 8 для радиоинженера. От виртуальной модели до реального прибора. - М.:ДМК Пресс, 2007.
3. Белоцерковский Г.Б. Основы радиолокации и радиолокационные устройства.- М.: Советское Радио, 1975.
4. Финкельштейн М.И. Основы радиолокации: Учебник для вузов. - 2-е изд. доп. и перераб.: М.: Радио и связь, 1983.

DEVELOPMENT OF AN ALGORITHM OF A TIE OF A TRAJECTORY OF THE PURPOSE IN LABVIEW

© Demidova A.S.
Moscow Power Engineering Institute ,Moscow, Russia
E-mail: Nastya.ademidova@yandex.ru

Abstract. The main objective of this work is development of an algorithm of a trajectory of the purpose. The simulator is written in a development environment of laboratory virtual LabVIEW devices, which has a number of advantages over others.

The simulator is intended for work as a part of the complex stand for debugging and check of operability of products of a naval complex and modeling of a real tactical situation.

This algorithm will help to avoid mistakes in a range of definition of the targets which are locked on by the radar. For example,such bifurcation of one purpose (in connection with different testimonies of varios subscribers of all complex) or definition of the different purposes as one.

Keywords. radar, algorithm, tie of a trajectory.

УДК 621.396.96

ФАЗОВЫЙ ПЕЛЕНГАТОР. УЛУЧШЕНИЕ ТОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

© А.А.Симонян, С.Н.Замуруев
Московский технологический университет, Москва, Россия
e-mail: simonyan2206@ya.ru

Аннотация. Рассмотрены принципы построения фазовых пеленгаторов. Показано, что для неподвижной антенной системы сектор определения угловых координат будет составлять ± 60°.

Ключевые слова. Фазовый пеленгатор, угловая погрешность, точность измерения фазы, база, неоднозначность измерений.

Определение направления на источники излучения (ИИ) радиотехническими средствами основано на прямолинейном распространении радиоволн путем сравнения амплитуды, фазы или частоты колебаний, возбуждаемых в антенной системе. В частности, фазовый метод основан на измерении разности фаз колебаний, принимаемых двумя антеннами, разнесёнными в пространстве на заранее известное расстояние d (база). В настоящий момент есть методы определения фазовых координат с точностью до 1°.

1. Оценка точностных характеристик фазовых пеленгаторов

На практике зачастую стоит задача определение направления излучения с точностью до минут и секунд в условиях больших помех и множеств излучений от систем супостата.

Задача в данной статье показать, что можно не только определить направление излучения на нужный нам сигнал в большом количестве излучений (разрешающая способность по углу) но и с высокой точностью определить координаты источника излучения. На рисунке 1 приведена примерная структура фазового принципа определения координат цели.[2] Где А1 и А2 это наши антенны, расположенные на расстояние d(база). И1 – И6 это источники излучения. Положим нам необходимо определить направление на И4. Тогда азимут на В4 можно определить по формуле 1.

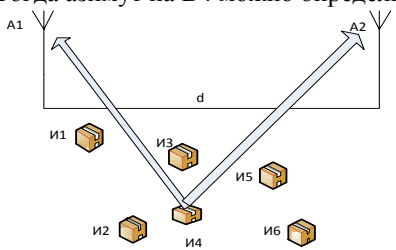


Рис. 1. Структура фазового принципа определения координат

$$\Delta\varphi = 2\pi\frac{d}{\lambda}\cos(\alpha) \quad (1);\ [1]$$

Где d – расстояние между разнесенными антеннами (измерительные базы);
α – азимут источника излучения;
λ – длина волны излучения.

Рассмотрим более подробно формулу 1. Из курса геометрии известно, что cos малых углов есть приближённо тот же угол. А это значит если сформировать линейку эквидистантных частот с максимально узкой шириной спектра [2], то это позволит измерять углы прихода сигнала в очень малых значениях. Изменение угла на минуты и доли секунды даст значительное изменение амплитуды колебания.

На рисунке 2 приведен спектр формируемы эквидистантных косинусоидальных колебаний.

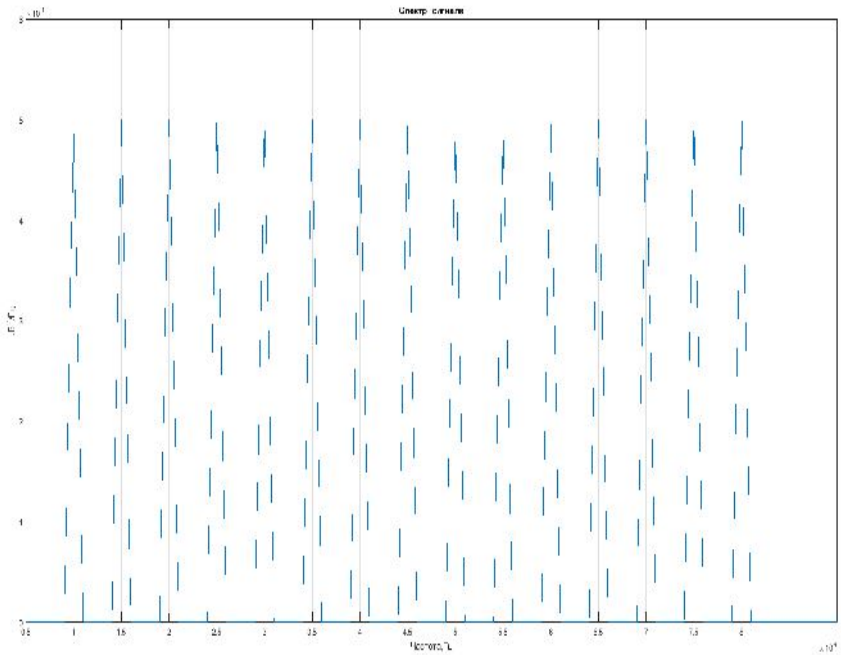


Рис.2. Спектр формируемы эквидистантных косинусоидальных колебаний.

Из рисунка видно, что чем более узкий сигнал удастся сформировать и чем больше частот будут сформированы, тем более точно удастся определить направление на источник излучения. В качестве примера рассмотрим следующее: есть сетка эквидистантных частот, представленных на ри-

сунке 2. Частоту и фазу источника излучения мы не знаем. В самом простейшем случае источник излучения 1 и допустим сигнал идеализированный (без шумовых примесей). Тогда при совпадение фазы и частоты колебания будет значительное увеличение амплитуды колебания. Демонстрацию данного примера хорошо показывает спектр показанный на рисунке 3. Сравнивая рисунок 2 и рисунок 3 легко определить, как частоту, так и направление на источник излучения.

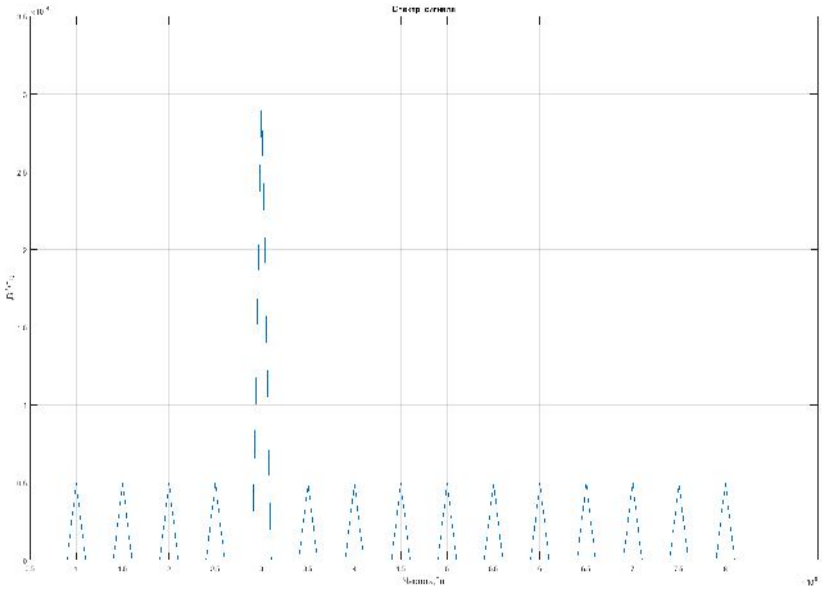


Рис.3.Спектр итого колебания

Данный метод конечно не решает многих вопросов касательно неоднозначности определения направления на источник излучения. [3] Целью не стояло убрать неоднозначность определения координат излучения, основной целью было показать, что есть возможность в проектирование фазового пеленгатора с разрешающей способностью по углу в минуты и даже секунды.

2. Угловая погрешность фазового пеленгатора

Рассмотрим фазовый пеленгатор, основанный на применение неподвижных антенных систем. Фазовый пеленгатор основанный на применение неподвижных антенных систем, в частности антенная решетка, имеет ряд недостатков. Так погрешность пеленгования растет с увеличением измеренного угла.

Из формулы 2 видно, что при фиксированной среднеквадратической ошибки измерения разности фаз σ_φ, а выражение $2 * \pi * \frac{d}{\lambda}$ считать постоянной величиной, то угловая погрешность σ_α будет обратно пропорциональна $\cos(\alpha)$.

$$\sigma_\alpha = \frac{\sigma_\varphi}{2*\pi*\frac{d}{\lambda}*\cos(\alpha)}; \quad (2)$$

где σ_α – угловая погрешность фазового пеленгатора;
σ_φ – среднеквадратическая ошибка измерения разности фаз;
d – база фазового пеленгатора;
λ – длина волны;
α – измеренный угол в радианах.
Из рисунка 4 видно, что угловая погрешность тем больше чем угол измеренный фазовым пеленгатором. И при α = 1 и α = -1 мы наблюдаем значительное увеличение погрешности.

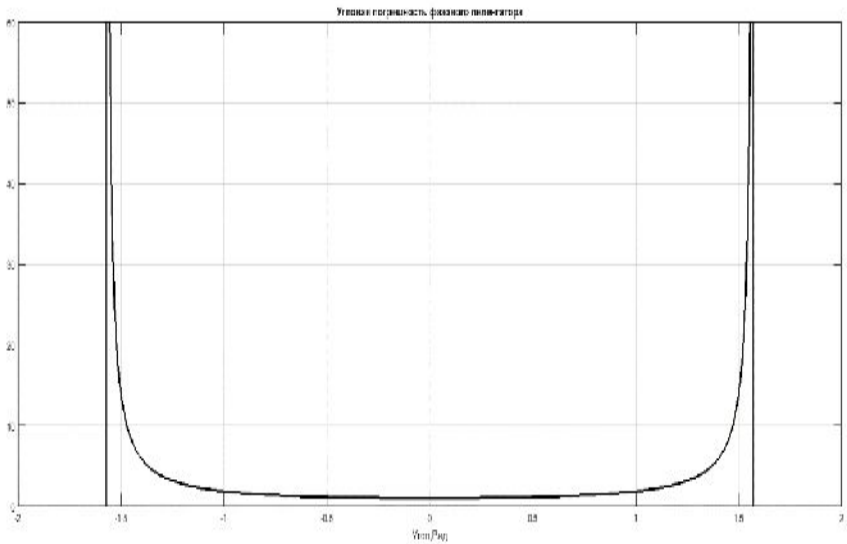


Рис.4. Угловая погрешность фазового пеленгатора

Формула 2 также показывает, что при фиксированной фазовой погрешности σ_φ, угловую погрешность σ_α можно значительно уменьшить путем увеличения $\frac{d}{\lambda}$. Зачастую на практике варьировать частотой не всегда получается, так как с изменением частоты необходимо менять не только

тракты приемников, но и всю антенную систему. Тогда для уменьшения угловой погрешности, считая длину волны неизменяющейся величиной, нам остается увеличивать расстояние между элементами антенной решетки – d.

Увеличение базы антенны даст нам возможность более точно определять угол прихода колебания. Следует также отметить, что бесконечно увеличивать базу в двухпозиционном фазовом пеленгаторе не получится.

Однозначное определения углового положения источника радиоизлучения (ИРИ) возможно при соблюдение следующего соотношения: $d \leq \frac{\lambda}{2}$. [4]

Исходя из выше изложенного можно сделать следующий вывод: для измерения улов в секторе ± 60° фазовый пеленгатор с неподвижной антенной системой будет иметь достаточно хорошие пеленгационные характеристики.

Таким образом, для более широкого сектора углов, нужна другая антенная система. Для увеличения точности измерения угла ИРИ необходимо увеличивать базу, до тех пор, пока измерения углов ИРИ буду находиться в секторе однозначного определения местоположения цели.

Библиографический список

1. Денисов В.П., Дубинин Д.В. Фазовые радиопеленгаторы. Томск 2002. С.9-12.
2. Дьяконов В.П. Matlab и Simulink для радиоинженеров. Москва 201. С.218-220.
3. Бакулев П.А., Сосновский А.А. Радионавигационные системы. Москва 2002. С.121-131.
4. Пестряков В.Б. фазовые радиотехнические системы. Москва 1968. С.404-420.

PHASE FINDER. IMPROVEMENT OF PRECISION CHARACTERISTICS

© A.A. Simonyan, S.N.Zamuruyev
Moscow Technological University, Moscow, Russia
E-mail: simonyan2206@ya.ru

Abstract. The principles of constructing phase direction finders are considered. It is shown that for a fixed antenna system the sector of determining the angular coordinates will be ± 60 °.

Keywords. Phase finder, angular error, phase measurement accuracy, base, ambiguity of measurements.

УДК: 621.372.22

ЭЛЕКТРОННО-ПУЧКОВЫЕ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ – НОВАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

©Гончаренко В.М., Замуруев С.Н., Каганов В.И., Снедков А.Б., Трубицын А.В.
Московский технологический университет, Москва, Россия *e-mail: zamuruev@mirea.ru, snedkov@mirea.ru, trubitcyn@mirea.ru, kaganov@mirea.ru*

Аннотация. Статья посвящена памяти и основным научным результатам профессора кафедры радиопередающих устройств Бориса Александровича Снедкова, работавшего на кафедре с 1965 по 2007 годы. Б.А. Снедков являлся инициатором и научным руководителем работ по созданию радиотехнических систем передачи информации, основанных на нетрадиционных физических принципах излучения радиоволн ускоренными модулированными в радиочастотном диапазоне электронными пучками, инжектированными в космическое пространство.

Ключевые слова. Электронный пучок, электронная пушка, инжекция, ионосфера, космическое пространство, космический аппарат.

Дважды герой Советского Союза, лётчик-космонавт В.И.Севастьянов: «Электронно-пучковые антенны – это совершенно новая технология…» (в телепередаче «Человек-Земля-Вселенная»

Эта статья – дань памяти и уважения энтузиасту и основателю создания радиотехнических информационных систем, основанных на нетрадиционных физических принципах излучения радиоволн посредством прямой инжекции в космическое пространство модулированных ускоренных электронных пучков – Борису Александровичу Снедкову.

Профессор Б.А. Снедков (28.06.1934 –21.01.2007)

Создание электронно-пучковых систем стало возможным, как любил говорить Б.А. Снедков, с освоением космического пространства. Именно в космосе, где плотность среды достаточно низка, возможна инжекция и распространение электронных пучков с сохранением пучковой структуры непосредственно в космическом пространстве.

Электронно-пучковые радиотехнические информационные системы имеют перед радиотехническими системами, построенными по классиче-

ской схеме «передатчик-антенно-фидерный тракт-антенна», целый ряд преимуществ:

- простота схемотехнического и конструкторского решений;
- отсутствие необходимости в антенных конструкциях на поверхности космического аппарата, особенно сложных раскрываемых антенн.
- скрытность, так как по конструкции антенны можно судить о назначении радиотехнической системы в космосе;
- существенное расширение арсенала средств ведения радиоэлектронной борьбы;
- простота реализации электронно-пучкового аналога линейного вибратора на сверхдлинных волнах, что особенно важно для связи с подводными лодками в погружённом состоянии.

Несколько слов о биографии основателя этого научного направления – докторе технических наук, профессоре Снедкове Б.А.

Борис Александрович родился 28 июня 1934 года в г. Харьков, где в это время работал начальником турбинного цеха Харьковского турбинного завода его отец, Снедков Александр Петрович. (1902 г.р., уроженец г. Кострома, русский, беспартийный, арестован в Ленинграде в июне 1937 года, расстрелян в январе 1938, реабилитирован в 1956 году).

В 1938г. семья вместе с матерью, Поповой Екатериной Васильевной, переехала в Москву.

Во время войны Екатерина Васильевна осталась и работала в Москве, а Борис Александрович с бабушкой Поповой М.В. жили в эвакуации в Казахстане. Школьные годы пришлись на тяжёлое время Великой Отечественной войны.

В 1952 году поступил на радиотехнический факультет Московского энергетического института. После окончания института продолжил обучение в аспирантуре, защитил кандидатскую диссертацию.

История создания электронно-пучковых радиотехнических систем берёт своё начало с первых геофизических экспериментов, осуществлённых в СССР в Институте земного магнетизма и распространения радиоволн Академии наук СССР (ИЗМИРАН) в 70-х годах. (Ружин Ю.Я., Докукин В.С.). Инжекция электронных пучков осуществлялась в верхней части траектории полёта георакет на высотах порядка 70 км. Слаботочный электронный пучок использовался в этих экспериментах как физический инструмент исследования верхних слоёв тропосферы. Одновременно исследовалась динамика структуры и траектории движения ускоренного инжектированного электронного пучка и его радиоизлучательные свойства. Было установлено, что электронный пучок способен распростра-

няться на значительные расстояния вдоль геомагнитных силовых линий с сохранением пучковой структуры вплоть до полного огибания земного шара. Был также установлен эффект электронного эха, когда электронный пучок отражался от магнитных полюсов и двигался обратно. Результатом этих экспериментов явилось подтверждение возможность использования ускоренных инжектированных электронных пучков в качестве эффективного тонкого средства исследования атмосферы, с одной стороны, и, что самое важное, что электронные пучки, сохраняя пучковую структуру, способны распространяться на весьма значительные расстояния, излучая при этом радиоволны.

В те годы по договору между ИЗМИРАН и МИРЭА научная группа Б.А. Снедкова разрабатывала и изготавливала инжекционную аппаратуру для георакетных экспериментов. Однако, применявшийся в этих экспериментах инжектор с малым током пучка (12мА) и низким первеансом, а главное – квазинепрерывный режим инжекции (ставилась задача максимальной инжекции в апогее траектории) не позволяли в полной мере исследовать радиоизлучательные свойства инжектированных электронных пучков. Для этого требовался более мощный пучок, модулированный в радиочастотном диапазоне.

Именно это ожидаемое свойство инжектированных ускоренных электронных пучков модулированных в радиочастотном диапазоне и было положено профессором Б.А. Снедковым в основу при создания бортовой научной аппаратуры «Источник» и «Арфа-Э», установленных на научном модуле «Квант» долговременной орбитальной станции «Мир» (ДОС «Мир»). Аппаратура «Источник» и «Арфа-Э» разрабатывалась и создавалась не как завершённая штатная радиопередающая аппаратура, а являлась именно научной аппаратурой, в которой были реализованы основные функциональные элементы и узлы, а также сконструирован общий облик будущих радиопередающих систем с электронно-пучковыми антеннами.

Новые физические принципы излучения радиоволн ускоренными модулированными в радиочастотном диапазоне электронными пучками инжектированными непосредственно в свободное пространство, положенные в основу построения радиотехнических систем, требовали экспериментального подтверждения их эффективности.

Надо было обладать незаурядным научным предвидением, уверенностью в своей правоте и смелостью, чтобы на Совете Главных конструкторов в НПО «Энергия» в присутствии министра общего машиностроения заявить,

что мы (МИРЭА) готовы через два года поставить Заказчику (НПО «Энергия») научную аппаратуру, в которой будут реализованы все основные элементы будущих реальных электронно- пучковых радиосистем и подтверждена реализуемость физических принципов, на которых они основаны.

В январе 1983года было принято совместное Постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР «О создании долговременной орбитальной станции «Мир». Этим же Постановлением МИРЭА были поручены разработка и создание научной аппаратуры «Источник», в которой должны быть воплощены и пройти экспериментальное подтверждение правильности выбранных научно-технических решений основные элементы и узлы будущих штатных электронно-пучковых радиотехнических систем.

Три года научный коллектив под руководством профессора Б.А. Снедкова работал без выходных и отпусков. Не успеть было нельзя - ракета на старте ждать не будет. Два года ушло на разработку и создание аппаратуры и один год- на проведение наземных испытаний на базе Заказчика. Чтобы получить путёвку на борт, надо было пройти весь цикл наземных испытаний: испытания на согласованность и электромагнитную совместимость со штатными бортовыми системами, климатические испытания, испытания на вибро- и удароустойчивость, испытания в вакуумной камере, испытания в составе модуля «Квант» в сборочном цехе НПО «Энергия» в г.Королёве и на предстартовой позиции в г. Байконур. Уместно отметить, что в те годы действовала чёткая система вертикального контроля хода выполнения государственного задания. Исполнители раз в месяц докладывали о ходе выполнения задания на заседаниях Межотраслевой организационной группы (МОГ), которые проводил министр общего машиностроения, и раз в месяц докладывали ход выполнения работы куратору программы «Мир» в ЦК КПСС. При этом ни научный руководитель работы, Снедков Борис Александрович, ни ответственный исполнитель, Трубицын Алексей Васильевич, членами КПСС не являлись. Однако, реальную помощь и поддержку эти визиты- отчёты оказывали. Запомнился такой эпизод. Нам долгое время не удавалось приобрести одну очень нужную, но редкую, микросхему отечественного производства. И, хотя нам был известен производитель этой микросхемы, к которому мы неоднократно обращались, получить её нам долгое время не удавалось. После очередного визита в ЦК КПСС, где мы посетовали на свои затруднения, на следующий день раздался звонок и нам предложили приехать на Старую площадь и забрать нужный нам элемент, что мы с благодарностью и сделали.

Чтобы один экземпляр аппаратуры «Источник» был установлен на борт научного модуля «Квант» долговременной орбитальной станции «Мир», надо было передать Заказчику (НПО «Энергия») три экземпляра аппаратуры: штатный, резервный и габаритно-массовый. Изготовить три экземпляра уникальной научной аппаратуры в условиях вуза при отсутствии какой бы то ни было производственной базы, если к аппаратуре предъявляются требования обеспечения работоспособности в открытом космосе вне гермоотсека, - очень непростая задача. Да и сама научная лаборатория в то время находилась в полуподвальном помещении жилого дома у станции метро Спортивная. Вспоминая сейчас условия, в которых приходилось трудиться коллективу из трёх-четырёх человек, выполняя государственный заказ, понимаешь, что такую гигантскую работу за столь короткий срок можно было выполнить только при наличии невероятного энтузиазма и желания. Аппаратура «Источник» была установлена на модуле «Квант», стартовала на орбиту в его составе и после стыковки на орбите со станцией «Мир» начала работу в соответствии с программой экспериментов.

При инжекции электронного пучка строго вдоль геомагнитных силовых линий, он, за счет взаимодействия с магнитным полем Земли сохраняет пучковую структуру, движется на неопределённо большие расстояния. При этом в пучке действуют кулоновские силы расталкивания, стремясь «рассыпать» пучок. Однако, ионосфера является весьма благоприятной средой для транспортировки электронных пучков и сохранения их пучковой структуры. Давление на высотах орбиты станции «Мир» составляло порядка 10^{-3}…10^{-7} мм.рт.ст. При таких давлениях плотность среды настолько мала, что столкновительными процессами торможения с частицами ионосферы можно пренебречь. Вместе с тем, под действием высокоэнергетичного объёмного заряда электронного пучка, тепловые электроны ионосферы вытесняются с траектории движения пучка, образуя канал транспортировки, в котором остаются лишь тяжёлые положительные ионы ионосферы, которые обеспечивают дополнительную ионную фокусировку пучка, препятствуя его «рассыпанию». Так формируется электронно-пучковый аналог классической антенны типа линейный вибратор.

При инжекции электронного пучка строго перпендикулярно геомагнитным силовым линиям на электроны пучка воздействует сила Лоренца, направленная перпендикулярно вектору скорости пучка и вектору геомагнитного поля, сворачивая траекторию пучка в Ларморовскую окружность. Так формируется электронно-пучковый аналог классической

антенны типа магнитный вибратор.

В аппаратуре «Источник» при ускоряющем напряжении электронной пушки 10 кВ, Ларморовский радиус составлял порядка 11-13 метров, а скорость электронов на выходе из электронной пушки составляла порядка 0,2 скорости света. Этот факт использовался в эксперименте на орбите для исследования плотности распределения электронов в сечении пучка при его возвращении в точку инжекции. С этой целью с обратной стороны инжектора на модуле «Квант» была размещена матрица коллекторов, перекрывавшая ожидаемую площадь сечения приходящего пучка. Ток коллекторов измерялся. Это позволило экспериментально исследовать реальную динамику пучка и оценить адекватность теоретических моделей динамики пучка в ионосфере и натурного эксперимента.

При инжекции электронного пучка под углом к геомагнитным силовым линиям формируется электронно-пучковый аналог классической спиральной антенны с правой или левой спиралью в зависимости от угла инжекции относительно вектора геомагнитного поля.

Наличие геомагнитного поля определяет траекторию электронных пучков при пассивной инжекции. Заказчиком же была поставлена задача найти практическую возможность транспортировки электронного пучка в заданном направлении, т.е. компенсации силового воздействия геомагнитного поля. Эту задачу профессор Б.А. Снедков предложил решить введением сопровождающего электронный пучок градиентного СВЧ поля. Равносигнальное направление сопровождающего СВЧ поля совпадало с начальной траекторией движения пучка от инжектора. При отклонении траектории движения электронов от равносигнального направления на них воздействовала сила градиентного СВЧ поля, пропорциональная отклонению, возвращающая электроны на равносигнальное направление. Эта идея была реализована в научной аппаратуре следующего поколения «Арфа-Э». «Арфа-Э» была разработана и собрана уже в лаборатории корпуса Б главного здания МИРЭА. Грузовым кораблём «Прогресс» аппаратура «Арфа-Э» была доставлена на орбиту, вынесена космонавтом через шлюзовую камеру на поверхность модуля «Квант» станции «Мир», установлена на его поверхности на подготовленное установочное место, были подсоединены разъёмы, с аппаратурой были начаты запланированные эксперименты. Видеозапись всего процесса выноса и монтажа аппаратуры «Арфа-Э» космонавтом в открытом космосе на внешней поверхности модуля «Квант» передана от НПО «Энергия» Исполнителю (МИРЭА) и имеется в архиве МИРЭА.

Создатели аппаратуры «Источник» и «Арфа-Э» в павильоне «Космос» ВДНХ
Снедков Б.А. – в центре, Трубицын А.В. - слева, Удалов Л.В. - справа

Снедков Б.А. высказывал идеи формирования электронно-пучковых аналогов классических антенн более сложных типов, например, зеркальных параболических антенн. Для формирования таких антенн предлагалось разместить определённое количество инжекторов по окружности таким образом, чтобы они формировали электронную поверхность в форме расходящегося кольца, по бокам такой конструкции следовало разместить излучатели градиентного СВЧ поля, которое обеспечивало бы параболическую форму электронной поверхности. Облучатель рабочей частоты такой электронной зеркальной параболической антенны следовало разместить в фокусе электронного параболоида.

Следует отметить, что аналогии между классическими и электронно- пучковыми антеннами можно проводить лишь до определённых пределов, так как между ними есть и отличия принципиального характера. Например, в классических антеннах действует принцип взаимности, согласно которому антенна имеет идентичные диаграммы направленности как в режиме излучения, так и в режиме приёма. Электронно-пучковые антенны этому принципу не отвечают. Вообще говоря, можно создать устройство, которое будет позволять осуществлять приём радиоволн электронно-пучковой антенной, но такое устройство будет

неоправданно сложным, а такие его параметры как диаграмма направленности, собственные шумы, КПД и другие параметры в настоящее время могут быть оценены лишь теоретически и весьма приблизительно.

Научная аппаратура «Источник» проработала на орбите с момента запуска модуля «Квант», осуществив более 500 сеансов работы, вплоть до затопления станции «Мир», сохранив работоспособность за все эти годы, при этом не было зафиксировано ни одного отказа. Это свидетельствует о правильности выбранных научно-технических решений при разработке аппаратуры и надёжности применённой отечественной элементной базы и технологии изготовления. Не желая никого обидеть, заметим лишь, что за время работы станции «Мир» на орбите неоднократно приходилось доставлять грузовыми кораблями штатные системы корабля , взамен вышедших из строя, в том числе и систем жизнеобеспечения.

В 1998 году Б.А. Снедкова настигла тяжелая болезнь, но Борис Александрович героически сопротивлялся заболеванию и, несмотря на тяжелые последствия инсульта, продолжал трудиться и даже читать лекции. При этом он не унывал и продолжал строить планы по созданию бортовой аппаратуры на электронных пучках следующих поколений, в которой должны были бы быть реализованы новые идеи по расширению функциональных возможностей этой технологии.

Профессор Б.А. Снедков был настоящим бойцом в науке, он энергично, а когда требовалось, и агрессивно, продвигал свои научные идеи, будучи уверен в их перспективности и востребованности.

Некоторые элементы и узлы электронно-пучковых радиопередатчиков создавались впервые и не имели аналогов и прототипов. В первую очередь это относится к инжекционно- согласующему устройству, основу которого составляла выпускавшаяся промышленностью диодная электронная пушка от клистрона с импрегнированным катодом и высоким первеансом, позволявшая получать ток в пучке равный 1 А при ускоряющем напряжении 10 кВ и позволявшая осуществлять радиочастотную модуляцию. Импрегнированный катод не допускал контакта с воздухом ввиду быстрого окисления, поэтому в наземных условиях электронная пушка находилась в вакуумной колбе. Разгерметизация производилась в космосе, применением специально разработанного разгерметизирующего устройства гильотинного типа.

Управление аппаратурой производилось как по командной радиолинии из Центра управления полетом, так и с пульта управления космонавтов, а также от бортовой ЭВМ.

К сожалению, работа станции МИР на орбите совпала с периодом политического и экономического переустройства страны, финансирование работ, проводимых группой профессора Б.А. Снедкова, было прекра-

щено. Группа Б.А. Снедкова оказалась в положении, когда даже оплатить работы по приему сигналов аппаратуры «Источник» из космоса, не было средств. Однако, американские ученые оказались более успешными. Группа ученых США проводила работы в нескольких университетах США по приему радиосигналов из ближнего и дальнего космоса с целью приёма сигналов, которые могли быть идентифицированы как сигналы, посланные возможными инопланетными цивилизациями. Ими были приняты достаточно мощные радиосигналы, излученные электронно-пучковой антенной аппаратуры «Источник», носившие детерминированный характер, что вызвало у американских учёных закономерные вопросы. Они обратились с письмом в Институт космических исследований (ИКИ РАН). ИКИ РАН, в свою очередь, запросил НПО «Энергия» с целью получения информации о неизвестном радиоизлучающем средстве на борту станции МИР. В результате в США ушёл ответ, что принятые американскими радиотелескопами сигналы излучаются научной аппаратурой «Источник», с помощью которой отрабатываются нетрадиционные принципы излучения радиоволн.

По результатам научных исследований в области создания радиотехнических систем с электронно-пучковыми антеннами были успешно защищены одна докторская и две кандидатских диссертации.

Насколько важным событием явилось создание научной аппаратуры «Источник» и «Арфа-Э» в освоении космического пространства можно судить по тому, что газета «Правда» - в советское время центральный печатный орган ЦК КПСС - опубликовал статью «Антенна из электронов», а дважды герой Советского Союза лётчик-космонавт Виталий Иванович Севастьянов, ведущий популярной в то время телепередачи «Человек- Земля-Вселенная» пригласил создателей аппаратуры на очередную телепередачу, посвящённую этой новой технологии в освоении космоса.

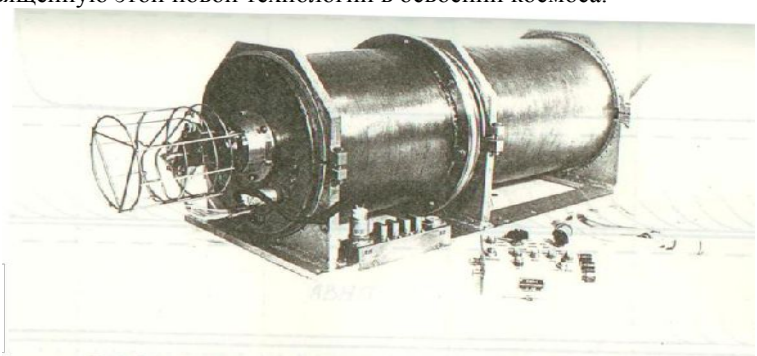


Фото 4.3. Внешний вид моноблока аппаратуры "Источник с КИИ-I и комплектом кабелей для автономных испытаний.

ПРАВДА

Орган Центрального Комитета КПСС

Антенна из электронов

Статья «Антенна из электронов» из газеты «Правда» №50 19 февраля 1989 года

Кадр из телепередачи «Человек-Земля-Вселенная»
В центре – профессор Снедков Б.А., справа – ведущий телепередачи, Дважды Герой Советского Союза, летчик-космонавт В.И. Севастьянов, слева – с.н.с. Трубицын А.В.

Аппаратура «Источник» и «Арфа-Э» в составе модуля «Квант» ДОС «Мир» экспонировалась в павильоне «Космос» на ВДНХ, на авиационно- космическом салоне во Франции (Ле- Бурже), на авиационно-космической выставке в Японии.

Старейший коллега Б.А. Снедкова по кафедре «Радиопередающие устройства» профессор Вильям Ильич Каганов вспоминает:

Я много лет работал с Б. А на одной и той же кафедре «Радиопередающие устройства», читая один и тот же курс с одноименным названием. Научные интересы наши не совпадали, мы шли как бы параллельными курсами. Следует отдать должное Б.А. , его исследования с электронными пучками предвосхитили их востребованность развивающимся космосом.

Более всего мне запомнились не наши рабочие, преподавательские будни, а две встречи - общения вне стен нашего института.

Первая такая встреча состоялась в Киеве - мы были с Б.А. участниками одной и той же конференции, каждый выступал со своим докладом. В один из дней мы оба были приглашены в дом к одному нашему общему киевскому знакомому. В большой комнате стояло пианино. Б.А обратился с просьбой к хозяину квартиры сесть за музыкальный инструмент. Хозяин, конечно, дал согласие и Б.А с мастерством исполнил несколько сочинений из Бетховена. Я был поражен, не зная о таком даровании Б.А.

Гуляя по Киеву, он рассказал мне , что учась в МЭИ на инженера, он параллельно занимался на вечернем отделении музыкальной Гнесинки. Вот так неожиданно для меня открылась еще одна сторона его творческой натуры.

Вторая встреча-общение прошла в Ленинграде. Б.А. отправился туда на защиту докторской диссертации и наш зав. кафедрой (профессор Сончик С.С.) попросил меня поехать вместе с Б.А., чтобы выступить на защите от имени кафедры. Я с удовольствием согласился и вслед за Б.А. отправился в Ленинград.

Насколько я помню, суть моего выступления состояла в том, что я говорил о Б.А. , как об ученом, которые свои теоретические исследования подтверждает экспериментом, что сделать в условиях учебного заведения весьма сложно. Защита Б.А. прошла успешно, голосование за присуждение Б.А. ученой степени было единогласным.

Старейший доцент кафедры Антенно-фидерных устройств Гончаренко В.М. вспоминает:

Борис Снедков однажды в 80-х годах, при посещении его лаборатории, предложил мне, поехать вместе с ним в город Находка, где находилась лаборатория Дальневосточного отделения Академии наук СССР ., для консультаций научных сотрудников лаборатории ихтиологии по

изучению влияния электромагнитных полей различных частот на поведенческие реакции рыб.

Там мы консультировали своих дальневосточных коллег по вопросам создания генераторных и антенных устройств для создания электромагнитных полей соответствующих напряженностей и конфигураций в лабораторных бассейнах.

Я удивился тогда разносторонности и эрудиции научных интересов Снедкова Б.А.

Б.А. Снедков выдвигал различные гипотезы о возможных механизмах воздействия электромагнитных полей на биологические объекты.

Заведующий кафедрой «Радиолокационные и радионавигационные системы», д.т.н. Замуруев С.Н. вспоминает:

Б.А. в своей работе был хорошим организатором. В лаборатории, размещенной в полуподвальном помещении недалеко от м. Спортивная работал сплоченный отряд единомышленников из сотрудников кафедры и студентов дневного и вечернего отделения МИРЭА. Это была настоящая НИРС – научно исследовательская работа студентов, которую мы сейчас пытаемся восстановить. Студентами работы выполнялись в рамках курсового и дипломного проектирования, благодаря этому студенты могли сразу применить свои знания, полученные в стенах института в НИОКРовских работах. Таким образом учеба сразу же подкреплялась практикой.

Во внерабочее время мне Б.А. запомнился дружелюбным, веселым, отзывчивым, всегда находились общие темы для разговора, общения.

ELECTRON-BEAM RADIO ENGINEERING SYSTEMS — NOVEL INFORMATION TECHNOLOGY

©Goncharenko V.M., Zamuruev S.N., Kaganov V.I., Snedkov A.B., Trubitsyn A.V.
Russia, Moscow, Moscow Technological University
e-mail: zamuruev@mirea.ru, snedkov@mirea.ru, trubitcyn@mirea.ru, kaganov@mirea.ru

Abstract. The article is dedicated to the memory and major scientific accomplishments of Boris Aleksandrovich Snedkov - professor of radio transmission equipment department, who worked at the department from 1965 till 2007. B.A. Snedkov initiated and supervised academic efforts to create radio engineering systems of data transmission based on unconventional physical principles of radiowave emission by accelerated RF-modulated electron beams injected in the outer space.

Key words. Electron beam, electron gun, injection, ionosphere, outer spacem spacecraft.

УДК 004.62

ВОЗМОЖНОСТИ ДИАГНОСТИКИ ПРЕДВЕСТНИКОВ СЕЙСМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ С ПОМОЩЬЮ СПУТНИКОВОЙ СВЧ-РАДИОМЕТРИИ

В.О. Скрипачев[1], А.М. Стрельцов[2]
[1]Московский технологический университет (МИРЭА),
г. Москва, Россия
e-mail: skripachev@mirea.ru
[2]АО «Российские космические системы», г. Москва, Россия
e-mail: upos@inbox.ru

Аннотация. Рассмотрены современные спутниковые возможности для диагностики предвестников сейсмической активности. Обоснована необходимость использования спутниковых СВЧ-радиометров. Рассмотрены технические характеристики отечественного СВЧ-радиометра, установленного на борту КА «Метеор-М» №2. Показаны методика обработки данных для получения профилей радияркостной температуры с результатами обработки данных СВЧ-радиометра и направления дальнейших исследований.

Ключевые слова. Сейсмическая активность, обработка данных, дистанционное зондирование Земли, радияркостная температура, профиль температуры.

Среди опасных природных явлений особенно актуальным является изучение сейсмических катаклизмов и их предвестников. Сейсмическая активность представляет значительную угрозу для населения и инфраструктуры. Только для РФ свыше 25% ее территории может подвергаться землетрясениям магнитудой 7 баллов и выше.

Землетрясения являются одним из серьезных бедствий, предвестниковая диагностика которых базируется на моделях, учитывающие совокупность природных физических явлений. Использование в настоящее время различных способов получения информации о явлениях, сопровождающих повышенную сейсмическую активность, обусловлено необходимостью учета их многофакторного проявления и распространения на больших площадях, с короткими временными интервалами, что, в свою очередь, требует измерения параметров предвестников землетрясений в глобальном масштабе и с высокой оперативностью.

Одним из наиболее эффективных инструментов регистрации предвестников повышенной сейсмической активности, в частности, тепловых аномалий, являются способы дистанционного зондирования с применением бортовой научной аппаратуры (БНА) космических аппаратов (КА).

1. Спутниковые наблюдения предвестников землетрясений

В настоящее время известны различные проявления предвестников землетрясений. Например, в [1, 2] рассматриваются ионосферные возмущения, обусловленные подготовкой землетрясений.

В [3, 4] выявлены статистически значимые связи повышенной сейсмической активности с тепловыми аномалиями земной поверхности позволили сделать следующие выводы:

- тепловые аномалии, возникают над зонами крупных литосферных разломов и сопровождают только коровые землетрясения с магнитудой более 6 баллов на расстоянии до 500 км от эпицентра;
- тепловые аномалии развиваются за 1-2 недели до момента проявления землетрясения и продолжаются несколько дней после события;
- амплитуда тепловой аномалии составляет от 2 до 10 С°;
- размеры тепловой аномалии составляет до 200 км в длину и до 75 км в ширину, а их площадь достигает 20…50 тыс. км^2.

При этом отмечалось, что метеорологические процессы (состояние облачности, туманы), маскирующие полезный сигнал при проведении космической съемки в инфракрасном спектральном диапазоне, а также зависимость обнаружения тепловых аномалий от времени суток, являются основной проблемой их регистрации.

Достижение всепогодности и непрерывности выявления тепловых аномалий на земной поверхности с большей информативностью возможно посредством применения пассивных СВЧ-радиометров, устанавливаемых на борту КА с дополнением их съемкой в инфракрасном спектральном диапазоне тепловых аномалий в целях повышения точности обнаружения предвестников сейсмической активности при приемлемой оперативности и глобальности наблюдения.

2. Спутниковый СВЧ-радиометр

В настоящее время на орбите находится российский КА «Метеор-М» №2, имеющий в составе БНА СВЧ радиометр МТВЗА-ГЯ (Рис. 1).

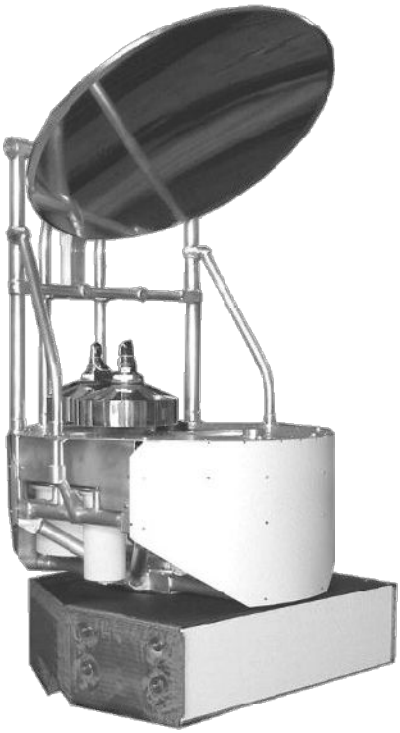


Рис. 1. Внешний вид СВЧ-радиометра МТВЗА-ГЯ

Отечественный сканер/зондировщик МТВЗА-ГЯ, устанавливаемый на платформе КА серии «Метеор-М» (№1- запуск 17.09.2009г., №2 – запуск 08.07.2014г., №2-1 и №2-2), создан для решения следующих задач [5, 6]:

- определения вертикальных профилей температуры и влажности атмосферы;
- определения интегральной влажности атмосферы, водозапаса облаков, интенсивности осадков;
- скорости приводного ветра;
- определения температуры поверхности океана;
- мониторинга ледовых и снежных покровов;
- диагностики процессов деятельного слоя океана;
- определения влажности почв.

Параметры радиометрических каналов МТВЗА-ГЯ представлены в табл. 1.

Таблица 1. *Параметры радиометрических каналов МТВЗА-ГЯ*

№ канала	Центральная частота, ГГц	Кол-во полос	Ширина полосы, МГц	Чувствительность не хуже, К (τ=1)	Поляризация	Тип приемника
1	10.6	1	100	0.06	В	ППУ
2	10.6	1	100	0.06	Г	ППУ
3	18.7	1	200	0.05	В	ППУ
4	18.7	1	200	0.05	Г	ППУ
5	23.8	1	400	0.04	В	ППУ
6	23.8	1	400	0.04	Г	ППУ
7	31.5	1	1000	0.05	В	ППУ
8	31.5	1	1000	0.05	Г	ППУ
9	36.7	1	1000	0.06	В	ППУ
10	36.7	1	1000	0.06	Г	ППУ
11	42	1	1000	0.07	В	ППУ
12	42	1	1000	0.07	Г	ППУ
13	48	1	1000	0.07	В	ППУ
14	48	1	1000	0.07	Г	ППУ
15	52.80	1	400	0.08	В	СГП
16	53.30	1	400	0.08	В	
17	53.80	1	400	0.08	В	
18	54.64	1	400	0.08	В	
19	55.63	1	400	0.08	В	
20	57.290344 ±0.3222±0.1	4	50	0.12	Г	СГП
21	57.290344 ±0.3222±0.05	4	20	0.2	Г	
22	57.290344 ±0.3222±0.025	4	10	0.3	Г	
23	57.290344 ±0.3222±0.01	4	5	0.45	Г	
24	57.290344 ±0.3222 ±0.005	4	3	0.5	Г	
25	91.655	2	2500	0.04	В	СГП
26	91.655	2	2500	0.04	Г	СГП
27	183.31±7.0	2	1500	0.08	В	СГП
28	183.31±3.0	2	1000	0.1	В	
29	183.31±1.0	2	500	0.15	В	

Как видно из табл. 1, пространственное разрешение прибора МТВЗА-ГЯ по поверхности Земли составляет от 16 до 150 км при полосе обзора около 1500 км в диапазоне рабочих частот 10,7 – 183 ГГц.

3. Методика обработки данных

Для тематической обработки данных СВЧ-радиометра был реализован комплекс вычислительных программ, входными данными для которых являлись данные в формате HDF (Hierarchical Data Format), получившим большое распространение в обработке и хранении данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Указанный формат стал своего рода стандар-

том для хранения и передачи информации в зарубежных системах ДЗЗ [7]. Исходные файлы представляют собой обзорные снимки земной поверхности (т.е. компиляция всех полувитков за сутки). Поле изображения представляет собой глобальную прямоугольную сетку с шагом 0.5°x0.5°. Размер такого изображения составляет 720x360 пиксел. Для построения профилей радиояркостной температуры использовались каналы диапазона ~50 ГГц.

Для проведения исследований авторами с сайта https://earthquake.usgs.gov также были отобраны 4 землетрясения, с глубиной эпицентра не более 50 км, имеющих магнитуду не менее 7 баллов и произошедших в период, соответствующий активному функционированию КА «Метеор-М» №2 (Табл. 2).

Таблица 2. *Параметры радиометрических каналов МТВЗА-ГЯ*

	Начало интервала	Конец интервала	Дата землетрясения	Глубина эпицентра, км	Магнитуда, балл	Долгота,град	Широта,град
1	19.09.2014	19.10.2014	9.10.2014	10	7.0	-110.865	-32.095
2	24.01.2015	23.02.2015	13.02.2015	16.7	7.1	-31.902	52.649
3	28.05.2015	27.06.2015	17.06.2015	10	7.0	-17.160	-35.364
4	14.11.2015	14.12.2015	4.12.2015	35	7.1	85.091	-47.617

Обработка данных выполнялась в несколько этапов. На первом формировались массивы данных, содержащие значения радиояркостных температур, полученных в различных каналах прибора и выполнялся расчет географических координат для каждого пиксела изображения. Далее по полученным координатам рассчитывалось расстояние от каждого пиксела до эпицентра землетрясения. Это расстояние сравнивалось с радиусом зоны подготовки землетрясения *R*, которое определялось по формуле Добровольского [8]:

$$R = 10^{0.43M},$$

где M – магнитуда.

С учетом рассчитанного радиуса R из анализа исключались данные, находящиеся за его пределами. После чего для оставшихся пиксел были построены профили радиояркостной температуры.

На рис. 2 приведены результирующие профили для землетрясения, произошедшего 9.10.2014, для пиксел с координатами [-111.5°,-32.5°] (верхний ряд), [-111.5°,-32.0°] (средний ряд), [-111.5°,-31.5°] (нижний ряд), при этом в левой колонке представлены данные для 19.09.2014; в центральной для 9.10.2014; в правой 19.10.2014.

Как видно из рис. 2 в сутки, соответствующие землетрясению наблюдается большие вариации, особенно на высотах, соответствующих ~14 км.

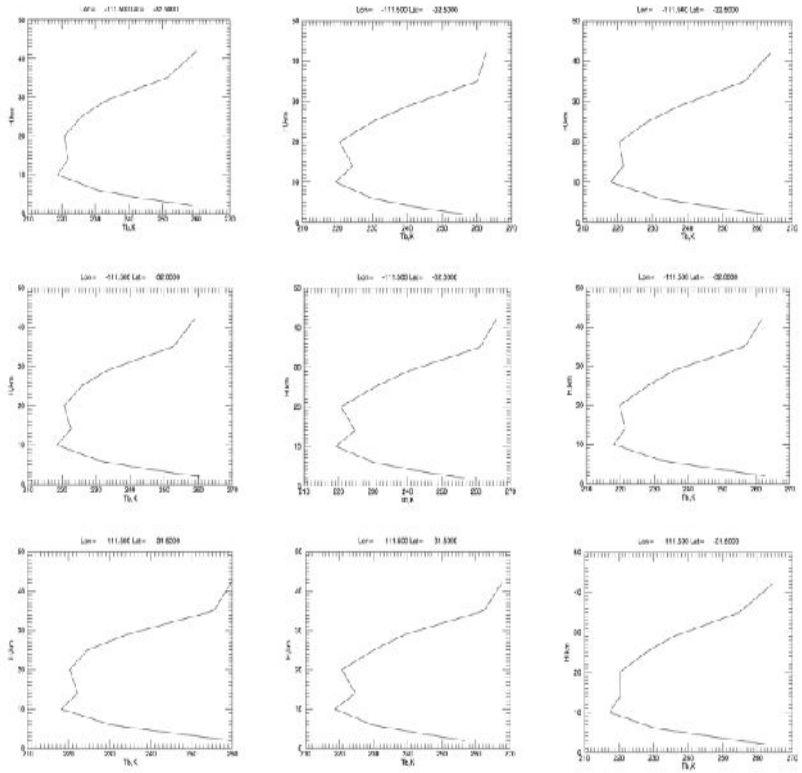


Рис.2. Профили радиояркостной температуры

Дальнейшим направлением работы может являться оптимизация расчетов, выполняемых вычислительными программами и их комплексирование с данными других измерений, например, полным электронным содержанием (TEC) в ионосфере.

Библиографический список

1. Pulinets S. A. Space technologies for short-term earthquake warning // Adv. Space Res. 2006. V. 37. N 4. P. 643-52.

2. Akhoondzadeh M., Parrot M., Saradjian M. R. 2010 Electron and ion density variations before strong earthquakes (M>6.0) using DEMETER and GPS data // Nat. Hazards and Earth System Sci. 2010. N 10. P.7-18.

3. Тронин А.А. Возможность применения космической тепловой съёмки для исследования землетрясений. Исследования Земли из космоса. № 4, 2005, С. 86-96.

4. Тронин А.А. Космическая тепловая съёмка при исследовании сейсмической активности: Автореф. дис. д. г.-м. н. – СПб, 2010. – 36 с.

5. Болдырев В.В., Ильгасов П.А., Панцов В.Ю., Прохоров Ю.Н., Стрельников Н.И., Черный И.В., Чернявский Г.М., Яковлев В.В. Спутниковый микроволновый сканер/зондировщик МТВЗА-ГЯ // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса Сборник научных статей, Выпуск 5, Том 1, М.: 2008, С. 243-248.

6. Барсуков И.А, Никитин О.В., Стрельцов А.М., Черный И.В., Чернявский Г.М. Предварительная обработка данных СВЧ-радиометра МТВЗА-ГЯ КА «Метеор-М» №1 // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса: сб. трудов Всероссийской научной конференции. –М: «ДоМира», 2011, Том 8, Номер 2 -С.257-264.

7. John R. Jensen. Remote sensing of the environment: An Earth resource perspective (2nd Edition). – Prentice Hall, 2006. – 608p.

8. Dobrovolsky I.P., Zubkov S.I. and Miachkin V.I. Estimation of the size of earthquake preparation zone // Pure Appl. Geophys. 1979. N 117. P. 1025-1044.

POSSIBILITIES OF DIAGNOSTICS OF THE PRECURSORS OF SEISMIC ACTIVITY BY SATELLITE MICROWAVE RADIOMETRY

V.O. Skripachev, A.M. Strelcov
Moscow Technological University (MIREA), Moscow, Russia
e-mail: skripachev@mirea.ru
Russian space systems, JSC., Moscow, Russia
e-mail: upos@inbox.ru

Abstract. Modern satellite capabilities for diagnosing precursors of seismic activity are considered. The necessary to use satellite microwave radiometers is based. The technical characteristics of the domestic microwave radiometer installed onboard the Meteor-M spacecraft No. 2 are considered. The data processing technique for obtaining radio brightness temperature profiles with results of processing the microwave radiometer data and directions for further research are shown.

Keywords. Seismic activity, data processing, remote sensing of Earth, radiobrightness temperature, temperature profile.

УДК 621.396.99

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ФИЛЬТРАЦИИ НЕЛИНЕЙНОГО АЛГОРИТМА В ОДНОПОЗИЦИОННОЙ УГЛОМЕРНО – ДАЛЬНОМЕРНОЙ РАДИОСИСТЕМЕ

© Я.О. Арешин[1], Б.А. Заикин[2,3], А.Ф. Котов[2]
[1]ОАО «НПК «НИИДАР», Москва, Россия
[2]Московский технологический университет, Москва, Россия
e-mail: [3]halfmazerkin@gmail.com

Аннотация. В работе приводятся основные соотношения одного из вариантов нелинейного алгоритма фильтрации в однопозиционной угломерно – дальномерной радиосистеме координатометрии. Указаны критерии качества и проведено моделирование. Результатом моделирования являются графики среднеквадратическое отклонение ошибки фильтрации и оценки в зависимости от различных параметров.

Ключевые слова. Фильтрация вектора состояния, ошибка фильтрации, однопозиционная угломерно – дальномерная радиосистема.

В [1] был представлен алгоритм нелинейной фильтрации в однопозиционной угломерно – дальномерной радиосистеме. При этом вопрос об оценке качества фильтрации данного алгоритма остался открытым. В данной работе рассматривается моделирование алгоритма нелинейной фильтрации, который позволяет получить оценку качества фильтрации. В первой части работы рассматривается объекта наблюдения и радиосистема. Во второй части приведены основные выражения для реализации алгоритма. В третьей части представлены результаты моделирование.

1. Объект наблюдения и радиосистема

Пусть вектор состояния объекта наблюдения (ОН) на ν-ом интервале представлен марковской последовательностью:

$$\vec{\Lambda}^{(\nu)} = \Phi^{(\nu)}\vec{\Lambda}^{(\nu-1)} + B\vec{N}^{(\nu)}, \qquad (1)$$

где $\vec{\Lambda}^{(\nu)}$ – вектор состояния на ν - ом интервале; $\Phi^{(\nu)}$ – матрица перехода; $\vec{\Lambda}^{(\nu-1)}$ – вектор состояния на предыдущем шаге; B – матрица формирующих воздействий; $\vec{N}^{(\nu)}$ – векторная реализация гауссовской случайной последовательности с нулевым математическим ожиданием и единичной дисперсией. Элементами вектора состояния в данном случае являются ко-

ординаты объекта $\vec{\Lambda}^{(v)} = \left[x^{(v)} \quad y^{(v)} \quad z^{(v)}\right]^T$. Полагаем, что объект наблюдения является медленно передвигающимся, что характерно для некоторых видов дронов и наземных средств передвижения. Таким образом:

$$\Phi^{(v)} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \tag{2}$$

$$B = \begin{bmatrix} b_x & 0 & 0 \\ 0 & b_y & 0 \\ 0 & 0 & b_z \end{bmatrix}, \tag{3}$$

где b_x, b_y, b_z – среднеквадратическое отклонение (СКО) траектории объекта по осям X, Y и Z, соответственно. Выражение (1) может быть записано в скалярном виде:

$$\begin{cases} x^{(v)} = x^{(v-1)} + 3b_x n_{b_x}^{(v)}, \\ y^{(v)} = y^{(v-1)} + 3b_y n_{b_y}^{(v)}, \\ z^{(v)} = z^{(v-1)} + 3b_z n_{b_z}^{(v)}, \end{cases} \tag{4}$$

где $n_{b_x}^{(v)}$, $n_{b_y}^{(v)}$, $n_{b_z}^{(v)}$ – реализации гауссовских случайных последовательностей с нулевыми математическими ожиданиями и единичными дисперсиями. Коэффициент 3 обозначает, что координаты, как случайные величины, попадают в интервал, равный 3 СКО.

Геометрическое построение однопозиционной угломерно - дальномерной радиосистемы координатометрии представлено на рис. 1. В точке $\left[x_0 \quad y_0 \quad 0\right]$ расположена непосредственно радиосистема, которая в импульсном режиме измеряет временную задержку $\tau^{(v)}$, азимут $\beta^{(v)}$, и угол места $\varepsilon^{(v)}$. Эти параметры образуют вектор информационных (измеряемых) параметров $\vec{Q}^{(v)} = \left[\beta^{(v)} \quad \varepsilon^{(v)} \quad R^{(v)}\right]^T$, который связан с вектором состояния $\vec{\Lambda}^{(v)}$ в общем случае некоторой функциональной зависимостью:

$$\vec{Q}^{(v)} = f(\vec{\Lambda}^{(v)}). \tag{5}$$

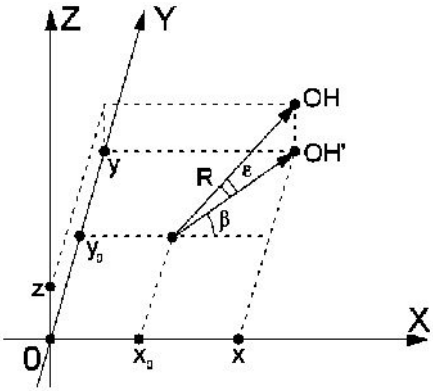


Рис.1. Геометрическое построение однопозиционной угломерно – дальномерной радиосистемы.

Объект наблюдения (ОН) распложен в точке $\begin{bmatrix} x & y & z \end{bmatrix}$. Проекция объекта наблюдения на плоскость (ОН') расположена в точке $\begin{bmatrix} x & y & 0 \end{bmatrix}$. Предположим, что $x_0 = 0$ и $y_0 = 0$, тогда, для временной задержки и пеленгов, полученных на ν - ом интервале в пункте обработки, можно записать следующие выражения:

$$\begin{cases} \beta^{(\nu)} = arctg\left(\dfrac{y^{(\nu)}}{x^{(\nu)}}\right), \\ \varepsilon^{(\nu)} = arctg\left(\dfrac{z^{(\nu)}}{\sqrt{x^{(\nu)2} + y^{(\nu)2}}}\right), \\ \tau^{(\nu)} = \dfrac{2}{c}\sqrt{z^{(\nu)2} + x^{(\nu)2} + y^{(\nu)2}}, \end{cases} \tag{6}$$

где c - скорость распространения радиоволны.

Обратные формулы имеют вид:

$$\begin{cases} x^{(\nu)} = \dfrac{\tau^{(\nu)}c}{2}\cos\left(\varepsilon^{(\nu)}\right)\cos\left(\beta^{(\nu)}\right), \\ y^{(\nu)} = \dfrac{\tau^{(\nu)}c}{2}\cos\left(\varepsilon^{(\nu)}\right)\sin\left(\beta^{(\nu)}\right), \\ z^{(\nu)} = \dfrac{\tau^{(\nu)}c}{2}\sin\left(\varepsilon^{(\nu)}\right). \end{cases} \tag{7}$$

При приеме каждого импульса происходит процедура оценки временной задержки и пеленгов, которая может быть записана, как:

$$\begin{cases} \hat{\beta}^{(v)} = \beta^{(v)} + 3\sigma_\beta n_\beta^{(v)}, \\ \hat{\varepsilon}^{(v)} = \varepsilon^{(v)} + 3\sigma_\varepsilon n_\varepsilon^{(v)}, \\ \hat{\tau}^{(v)} = \tau^{(v)} + 3\sigma_\tau n_\tau^{(v)}, \end{cases} \tag{8}$$

где σ_β, σ_ε, σ_τ – СКО измерений пеленгов и временной задержки, соответственно; $n_\beta^{(v)}$, $n_\varepsilon^{(v)}$, $n_\tau^{(v)}$ – реализации гауссовских случайных последовательностей с нулевыми математическими ожиданиями и единичными дисперсиями. Коэффициент 3 обозначает, что пеленги и задержка, как случайные величины, попадают в интервал равный 3 СКО. Параметры $\hat{\beta}^{(v)}$, $\hat{\varepsilon}^{(v)}$ и $\hat{\tau}^{(v)}$ полагаются не коррелированными, поскольку их значения получают от различных измерителей.

2. Алгоритм нелинейной фильтрации вектора состояния

Синтез данного алгоритма в рассматриваемой системе подробно представлен в статье, упоминаемой выше. Приведем основные соотношения в общем виде:

$$\begin{cases} \hat{\Lambda}_{ps}^{(v)} = \hat{\Lambda}_э^{(v)} + K_{ps}^{(v)} \vec{G}_\lambda^{(v)}, \\ K_{ps}^{(v)} = \left[\left(K_э^{(v)} \right)^{-1} - H_\lambda^{(v)} \right]^{-1}, \end{cases} \tag{9}$$

$$\hat{\Lambda}_э^{(v)} = \Phi_э^{(v)} \hat{\Lambda}_{ps}^{(v-1)}, \tag{10}$$

$$K_э^{(v)} = \Phi_э^{(v)} K_{ps}^{(v-1)} \Phi_э^{(v)T} + BB^T, \tag{11}$$

$$\vec{G}_\lambda^{(v)} = W_{q\lambda}^T H_q \left[\vec{Q}\left(\Lambda_э^{(v)} \right) - \hat{\vec{Q}}_{мп}^{(v)} \right] \tag{12}$$

$$H_q = -K_q^{-1} \tag{13}$$

$$\frac{\partial^2 F}{\partial \lambda_i \partial \lambda_j} = \sum_{j=1}^{m} \sum_{\mu=1}^{m} \left(H_q(ij) \frac{\partial^2 q_j}{\partial \lambda_i \partial \lambda_j} \left(q_{\mu э} - q_{\mu мп} \right) + \frac{\partial q_j}{\partial \lambda_i} \frac{\partial q_\mu}{\partial \lambda_j} \right), \tag{14}$$

где $\hat{\Lambda}_{ps}^{(v)}$ – апостериорное значение вектора состояния, полученное с ис-

пользованием критерия МАВ на ν - ом шаге; $\hat{\vec{\Lambda}}_{э}^{(\nu)}$ – экстраполяционное значение вектора состояния на ν - ом шаге, $K_{ps}^{(\nu)}$ – апостериорная ковариационная матрица на ν - ом шаге; $\vec{G}_{\lambda}^{(\nu)}$ – вектор первых частных производных логарифма функции правдоподобия (ЛФП) по элементам вектора состояния в точке экстраполяции на ν - ом шаге; $K_{э}^{(\nu)}$ – экстраполяционная ковариационная матрица ν - ом шаге; $H_{\lambda}^{(\nu)}$ – матрица вторых частных производных логарифма функции правдоподобия по элементам вектора состояния в точке экстраполяции на ν - ом шаге; $\Phi_{э}^{(\nu)}$ – экстраполяционное значение матрицы перехода; $\hat{\vec{\Lambda}}_{ps}^{(\nu-1)}$ – апостериорное значение вектора состояния на предыдущем шаге; $K_{ps}^{(\nu-1)}$ – апостериорная ковариационная матрица на предыдущем шаге; $W_{q\lambda}^{T}$ – транспонированная матрица первых частных производных информационных параметров по элементам вектора состояния в точке экстраполяции; H_{q} – матрица первых частных производных ЛФП по информационным параметрам; K_{q} – ковариационная матрица ошибок измерения информационных параметров; $\vec{Q}\left(\Lambda_{э}^{(\nu)}\right)$ – вектор информационных параметров, вычисленных в точке экстраполяции; $\hat{\vec{Q}}_{мп}^{(\nu)}$ – вектор информационных параметров в точке максимального правдоподобия; $\dfrac{\partial^2 F}{\partial\lambda_i\partial\lambda_j}$ – элемент матрицы $H_{\lambda}^{(\nu)}$, расположенный в i - ой строке и j - ом столбце; $H_q(ij)$ – элемент матрицы H_q, расположенный в i - ой строке и j - ом столбце; $\dfrac{\partial^2 q_j}{\partial\lambda_i\partial\lambda_j}$ – вторая частная производная информационного параметра по элементам вектора состояния в точке экстраполяции; $q_{\mu э}$ – информационный параметр в точке экстраполяции; $q_{\mu мп}$ – информационный параметр в точке максимального правдоподобия; $\dfrac{\partial q_j}{\partial\lambda_i}$ – первая частная производная информационного параметра по элементу вектора состояния в точке экстраполяции.

Определим основные выражения для случая однопозиционной угломерно – дальномерной радиосистемы. Первое уравнение из (9) в скалярном виде может быть записано, как:

$$\begin{cases} \hat{x}_{ps}^{(v)} = x_{э}^{(v)} + K_{ps}^{(v)}(11) g_{\lambda x}^{(v)} + K_{ps}^{(v)}(12) g_{\lambda y}^{(v)} + K_{ps}^{(v)}(13) g_{\lambda z}^{(v)}, \\ \hat{y}_{ps}^{(v)} = y_{э}^{(v)} + K_{ps}^{(v)}(21) g_{\lambda x}^{(v)} + K_{ps}^{(v)}(22) g_{\lambda y}^{(v)} + K_{ps}^{(v)}(23) g_{\lambda z}^{(v)}, \\ \hat{z}_{ps}^{(v)} = z_{э}^{(v)} + K_{ps}^{(v)}(31) g_{\lambda x}^{(v)} + K_{ps}^{(v)}(32) g_{\lambda y}^{(v)} + K_{ps}^{(v)}(33) g_{\lambda z}^{(v)}. \end{cases} \quad (15)$$

где $\hat{x}_{ps}^{(v)}$, $\hat{y}_{ps}^{(v)}$, $\hat{z}_{ps}^{(v)}$ – апостериорные оценённые значения соответствующих координат объекта; $x_{э}^{(v)}$, $y_{э}^{(v)}$, $z_{э}^{(v)}$ - экстраполяционные значения соответствующих координат объекта в точке экстраполяции; $K_{ps}^{(v)}(ij)$ – элемент матрицы $K_{ps}^{(v)}$, расположенный в i - ой строке и j - ом столбце; $g_{\lambda x}^{(v)}$, $g_{\lambda y}^{(v)}$, $g_{\lambda z}^{(v)}$ – элементы вектора $\vec{G}_{\lambda}^{(v)}$.

Запишем выражения для нахождения элементов вектора $\vec{G}_{\lambda}^{(v)}$:

$$\begin{cases} g_{\lambda x}^{(v)} = -\sigma_{\beta}^{-2} \dfrac{\partial \beta}{\partial x}\left(\beta_{э}^{(v)} - \hat{\beta}^{(v)}\right) - \\ -\sigma_{\varepsilon}^{-2} \dfrac{\partial \varepsilon}{\partial x}\left(\varepsilon_{э}^{(v)} - \hat{\varepsilon}^{(v)}\right) - \sigma_{\tau}^{-2} \dfrac{\partial \tau}{\partial x}\left(\tau_{э}^{(v)} - \hat{\tau}^{(v)}\right), \\ g_{\lambda y}^{(v)} = -\sigma_{\beta}^{-2} \dfrac{\partial \beta}{\partial y}\left(\beta_{э}^{(v)} - \hat{\beta}^{(v)}\right) - \\ -\sigma_{\varepsilon}^{-2} \dfrac{\partial \varepsilon}{\partial y}\left(\varepsilon_{э}^{(v)} - \hat{\varepsilon}^{(v)}\right) - \sigma_{\tau}^{-2} \dfrac{\partial \tau}{\partial y}\left(\tau_{э}^{(v)} - \hat{\tau}^{(v)}\right), \\ g_{\lambda z}^{(v)} = -\sigma_{\beta}^{-2} \dfrac{\partial \beta}{\partial z}\left(\beta_{э}^{(v)} - \hat{\beta}^{(v)}\right) - \\ -\sigma_{\varepsilon}^{-2} \dfrac{\partial \varepsilon}{\partial z}\left(\varepsilon_{э}^{(v)} - \hat{\varepsilon}^{(v)}\right) - \sigma_{\tau}^{-2} \dfrac{\partial \tau}{\partial z}\left(\tau_{э}^{(v)} - \hat{\tau}^{(v)}\right), \end{cases} \quad (16)$$

где σ_{β}, σ_{ε}, σ_{τ} - среднеквадратические отклонения соответствующих параметров.

Матрица $K_{ps}^{(v)}$ вычисляется в соответствии с вторым уравнением в (9) и уравнением (11), которое упрощается благодаря (2). Определим эле-

менты матрицы $H_{\lambda}^{(v)}$. Согласно (14) получаем:

$$\frac{\partial^2 F}{\partial x^2} = -\sigma_\beta^{-2}\left(\frac{\partial^2 \beta}{\partial x^2}\left(\beta_э^{(v)} - \hat{\beta}^{(v)}\right) + \left(\frac{\partial \beta}{\partial x}\right)^2\right) - \sigma_\varepsilon^{-2}\left(\frac{\partial^2 \varepsilon}{\partial x^2}\left(\varepsilon_э^{(v)} - \hat{\varepsilon}^{(v)}\right) + \left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial x}\right)^2\right) - \sigma_\tau^{-2}\left(\frac{\partial^2 \tau}{\partial x^2}\left(\tau_э^{(v)} - \hat{\tau}^{(v)}\right) + \left(\frac{\partial \tau}{\partial x}\right)^2\right), \quad (17)$$

$$\frac{\partial^2 F}{\partial x \partial y} = \frac{\partial^2 F}{\partial y \partial x} = -\sigma_\beta^{-2}\left(\frac{\partial^2 \beta}{\partial x \partial y}\left(\hat{\beta}^{(v)} - \beta_э^{(v)}\right) + \frac{\partial \beta}{\partial x}\frac{\partial \beta}{\partial y}\right) - \sigma_\varepsilon^{-2}\left(\frac{\partial^2 \varepsilon}{\partial x \partial y}\left(\hat{\varepsilon}^{(v)} - \varepsilon_э^{(v)}\right) + \frac{\partial \varepsilon}{\partial x}\frac{\partial \varepsilon}{\partial y}\right) - \sigma_\tau^{-2}\left(\frac{\partial^2 \tau}{\partial x \partial y}\left(\hat{\tau}^{(v)} - \tau_э^{(v)}\right) + \frac{\partial \tau}{\partial x}\frac{\partial \tau}{\partial y}\right) \quad (18)$$

$$\frac{\partial^2 F}{\partial x \partial z} = -\sigma_\beta^{-2}\left(\frac{\partial^2 \beta}{\partial x \partial z}\left(\hat{\beta}^{(v)} - \beta_э^{(v)}\right) + \frac{\partial \beta}{\partial x}\frac{\partial \beta}{\partial z}\right) - \sigma_\varepsilon^{-2}\left(\frac{\partial^2 \varepsilon}{\partial x \partial z}\left(\hat{\varepsilon}^{(v)} - \varepsilon_э^{(v)}\right) + \frac{\partial \varepsilon}{\partial x}\frac{\partial \varepsilon}{\partial z}\right) - \sigma_\tau^{-2}\left(\frac{\partial^2 \tau}{\partial x \partial z}\left(\hat{\tau}^{(v)} - \tau_э^{(v)}\right) + \frac{\partial \tau}{\partial x}\frac{\partial \tau}{\partial z}\right) \quad (19)$$

$$\frac{\partial^2 F}{\partial y^2} = -\sigma_\beta^{-2}\left(\frac{\partial^2 \beta}{\partial y^2}\left(\beta_э^{(v)} - \hat{\beta}^{(v)}\right) + \left(\frac{\partial \beta}{\partial y}\right)^2\right) - \sigma_\varepsilon^{-2}\left(\frac{\partial^2 \varepsilon}{\partial y^2}\left(\varepsilon_э^{(v)} - \hat{\varepsilon}^{(v)}\right) + \left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial y}\right)^2\right) - \sigma_\tau^{-2}\left(\frac{\partial^2 \tau}{\partial y^2}\left(\tau_э^{(v)} - \hat{\tau}^{(v)}\right) + \left(\frac{\partial \tau}{\partial y}\right)^2\right), \quad (20)$$

$$\frac{\partial^2 F}{\partial y \partial z} = -\sigma_\beta^{-2}\left(\frac{\partial^2 \beta}{\partial y \partial z}\left(\hat{\beta}^{(v)} - \beta_э^{(v)}\right) + \frac{\partial \beta}{\partial y}\frac{\partial \beta}{\partial z}\right) -$$
$$-\sigma_\varepsilon^{-2}\left(\frac{\partial^2 \varepsilon}{\partial y \partial z}\left(\hat{\varepsilon}^{(v)} - \varepsilon_э^{(v)}\right) + \frac{\partial \varepsilon}{\partial y}\frac{\partial \varepsilon}{\partial z}\right) - \qquad (21)$$
$$\sigma_\tau^{-2}\left(\frac{\partial^2 \tau}{\partial y \partial z}\left(\hat{\tau}^{(v)} - \tau_э^{(v)}\right) + \frac{\partial \tau}{\partial y}\frac{\partial \tau}{\partial z}\right)$$

$$\frac{\partial^2 F}{\partial z^2} = -\sigma_\beta^{-2}\left(\frac{\partial^2 \beta}{\partial z^2}\left(\beta_э^{(v)} - \hat{\beta}^{(v)}\right) + \left(\frac{\partial \beta}{\partial z}\right)^2\right) -$$
$$-\sigma_\varepsilon^{-2}\left(\frac{\partial^2 \varepsilon}{\partial y^2}\left(\varepsilon_э^{(v)} - \hat{\varepsilon}^{(v)}\right) + \left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial z}\right)^2\right) - \qquad (22)$$
$$-\sigma_\tau^{-2}\left(\frac{\partial^2 \tau}{\partial z^2}\left(\tau_э^{(v)} - \hat{\tau}^{(v)}\right) + \left(\frac{\partial \tau}{\partial z}\right)^2\right).$$

3. Моделирование и оценка качества фильтрации

В качестве простейшей оценки качества фильтрации может быть взята точечная ошибка по каждой координате [2]:

$$\begin{cases} e_x^{(v)} = x^{(v)} - \hat{x}_{ps}^{(v)}, \\ e_y^{(v)} = y^{(v)} - \hat{y}_{ps}^{(v)}, \\ e_z^{(v)} = z^{(v)} - \hat{z}_{ps}^{(v)}. \end{cases} \qquad (23)$$

Для обобщенной оценки ошибки фильтрации по обеим координатам можно рассматривать расстояние между истинными значениями координат и значениями на выходе фильтра:

$$d^{(v)} = \sqrt{\left(x^{(v)} - \hat{x}_{ps}^{(v)}\right)^2 + \left(y^{(v)} - \hat{y}_{ps}^{(v)}\right)^2 + \left(z^{(v)} - \hat{z}_{ps}^{(v)}\right)^2}. \qquad (24)$$

Ввиду того, что величины (23) и (24) являются случайными для численных оценок качества фильтрации могут быть взяты числовые характеристики статистических распределений – выборочное среднее, исправленная выборочная дисперсия и исправленное выборочное среднеквадратическое отклонение [3]:

$$\bar{z} = \frac{1}{n}\sum_{v=1}^{n} z^{(v)}, \tag{25}$$

$$D_z = \frac{1}{n-1}\sum_{v=1}^{n}\left(z^{(v)} - \bar{z}\right)^2, \tag{26}$$

$$\sigma_z = \sqrt{D_z}. \tag{27}$$

В (25) - (27) в качестве z могут выступать либо точечные ошибки (23), либо расстояние (24). Суммы в (25) - (27) обычно ограничиваются n - числом импульсов за время наблюдения.

СКО измерения задержки σ_τ могут быть рассчитаны по формуле потенциальной точности [4]:

$$\sigma_\tau = \frac{1}{\Delta f_c \sqrt{\frac{2E}{N_0}}}, \tag{28}$$

где Δf_c – ширина спектра эхосигнала, $\frac{2E}{N_0}$ – энергетическое отношение сигнал/шум.

СКО измерения пеленгов σ_β и σ_ε могут быть определены в соответствии с [5]. В антенной решетке для карандашного луча количество излучающих элементов N связано с шириной луча θ на уровне 0.5 по мощности выражением:

$$\theta \approx \frac{100}{\sqrt{N}}. \tag{29}$$

С помощью (29) могут быть определены σ_β и σ_ε, согласно графикам, построенным П. Сверлингом [5]. График представляет собой зависимость величины $\sigma\frac{\sqrt{N}}{\theta}$ от ОСШ в дБ для флуктуирующей и нефлуктуирующей цели. Таким образом задаваясь, числом излучающих элементом N можно определить σ_β, σ_ε для различных значений ОСШ.

Далее зададимся некоторыми конкретными исходными параметрами радиосистемы и объекта наблюдения. В процессе моделирования будем менять некоторые из них, оценивая при этом показатели качества и, таким образом, определяя влияние конкретного параметра на показатели качества фильтрации.

Период следования импульсов брался равным $T_c = 0.001$ с. При

этом время наблюдения было ограничено $t_{набл} = 1$ с, и, соответственно, ограничено количество тактов $n = 1000$. Ширина спектра зондирующего сигнала составила $\Delta f_c = 1$ ГГц, а ОСШ = 3 дБ. Таким образом, среднеквадратическое отклонение составило $\sigma_\tau = 10^{-9}$ с. Размеры антенной решетки брались 10 на 10 элементов, таким образом, образуя общее число $N = 100$. Значения σ_β, σ_ε брались одинаковыми и равными $0.6°$.

Начальные координаты объекта наблюдения выбирались из условия, что ОН в начальный момент находится на расстоянии $R^{(1)} = 1500$ м от охранной системы, при этом углы были $\beta^{(1)} = 45°$, $\varepsilon^{(1)} = 45°$.Таким образом начальные координаты ОН по осям X, Y, Z составили $x^{(1)} = y^{(1)} = 750$ м, $y^{(1)} = 1061$ м. СКО траекторных флюктуаций за интервал наблюдения 1 с. (соизмеримый с интервалом корреляции) брались одинаковыми и равными $b_x = b_y = b_z = 1$ м. Соответственно, получаем СКО флюктуаций траектории за один такт $b_{x\,T_c} = b_{y\,T_c} = b_{z\,T_c} = 0.001$ м.

На рис. 2 представлены типовые графики обобщенных ошибок (24) оценки и фильтрации для заданных параметров.

На рис. 3 представлена зависимость исправленного выборочного среднеквадратического отклонения (27) обобщенных ошибок (24) оценки и фильтрации в зависимости от ширины спектра полосы пропускания Δf_c. Параметр Δf_c менялся от 1 до 10 ГГц, при этом значения СКО усреднялись по 100 реализациям.

На рис. 4 представлена зависимость исправленного выборочного среднеквадратического отклонения (27) обобщенных ошибок (24) оценки и фильтрации в зависимости от ОСШ. Параметр ОСШ менялся от 1 до 10 дБ, при этом значения СКО усреднялись по 100 реализациям.

На рис. 5 представлена зависимость исправленного выборочного среднеквадратического отклонения (27) обобщенных ошибок (24) оценки и фильтрации в зависимости от начального расстояния между пунктом обработки информации и объектом наблюдения $R^{(1)}$. Расстояние менялось от 500 до 5000 м, при этом значения СКО усреднялись по 100 реализациям.

На рис. 6 представлена зависимость исправленного выборочного среднеквадратического отклонения (27) обобщенных ошибок (24) оценки и фильтрации в зависимости от угла $\beta^{(1)}$. Угол менялся от $0°$ до $90°$, при этом значения СКО усреднялись по 100 реализациям.

На рис. 7 представлена зависимость исправленного выборочного среднеквадратического отклонения (27) обобщенных ошибок (24) оценки и фильтрации в зависимости от угла $\varepsilon^{(1)}$. Угол менялся от $0°$ до $90°$, при этом значения СКО усреднялись по 100 реализациям.

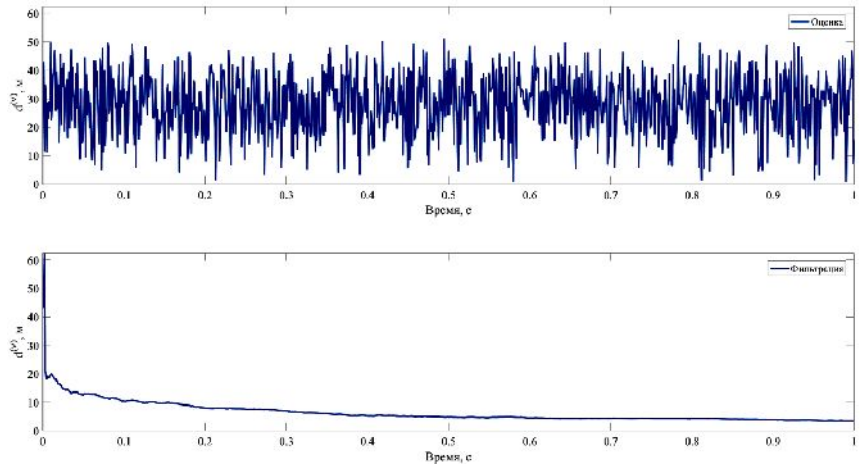


Рис. 2. Обобщенная ошибка расстояния между истинными значениями координат и оцененными для оценки и фильтрации.

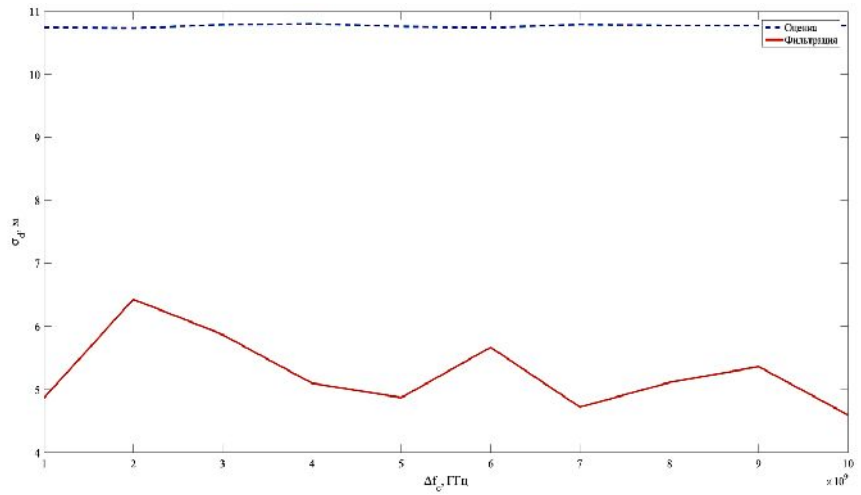


Рис. 3. Зависимость исправленного выборочного среднеквадратичного отклонения ошибки от ширины спектра эхосигнала Δf_c.

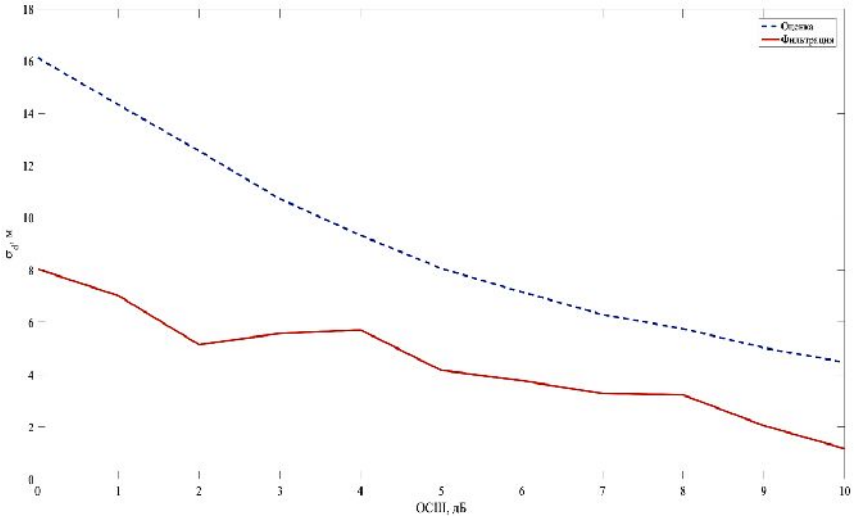


Рис. 4. Зависимость исправленного выборочного среднеквадратичного отклонения ошибки от отношения сигнал/шум (ОСШ).

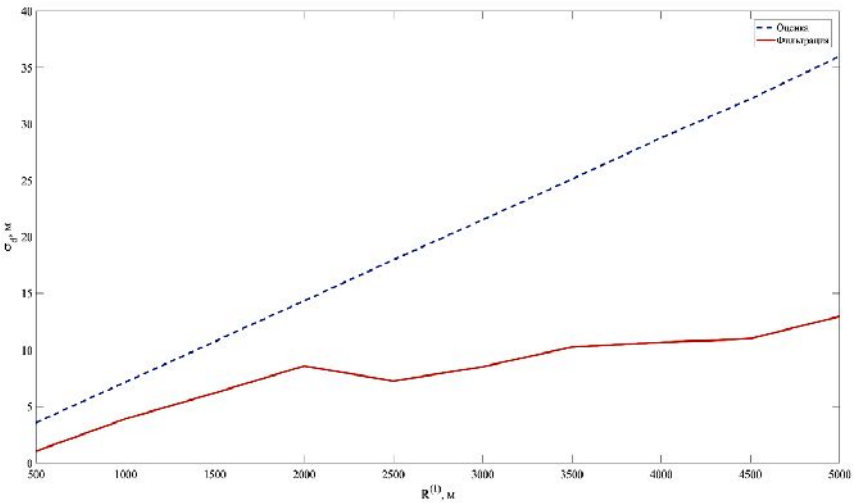


Рис. 5. Зависимость исправленного выборочного среднеквадратичного отклонения ошибки от начального расстояния до объекта наблюдения $R^{(1)}$.

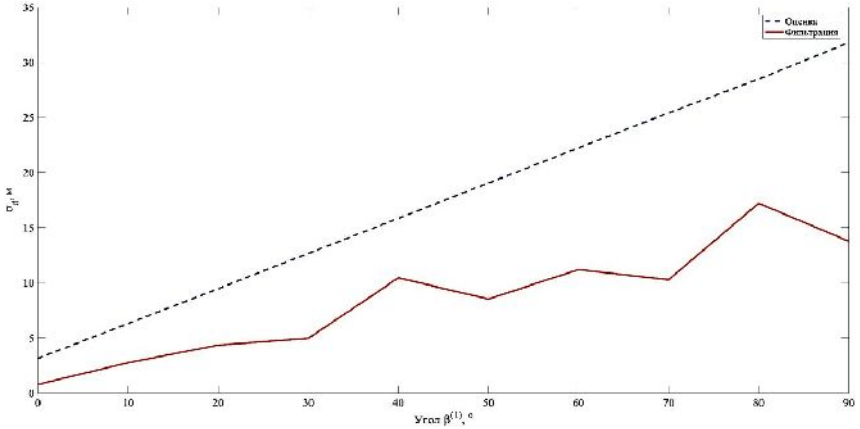


Рис. 6. Зависимость исправленного выборочного среднеквадратичного отклонения ошибки от угла $\beta^{(1)}$.

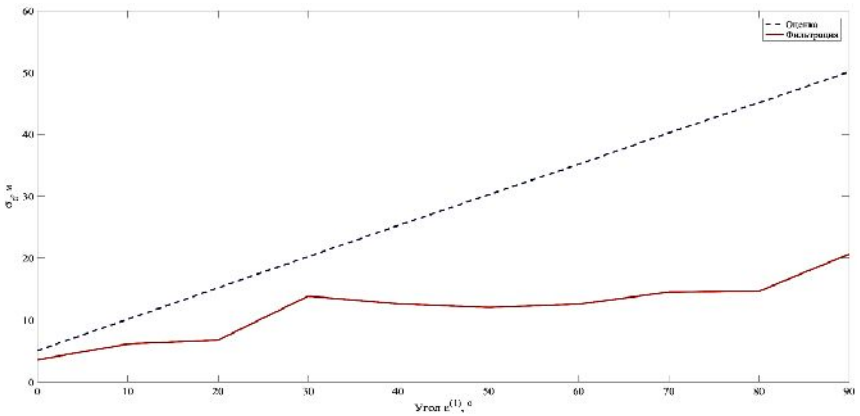


Рис. 7. Зависимость исправленного выборочного среднеквадратичного отклонения ошибки от угла $\varepsilon^{(1)}$.

Заключение

Из рис.2 –7 видно, что в целом фильтрация позволяет достичь лучшего качества, чем оценка. При некоторых начальных условиях ввиду большой ошибки измерения пеленгаторов алгоритму необходимо больше времени для достижения лучших результатов. Естественно при данном ограниченном времени наблюдения наблюдается некоторая неоднородность кривых. Из рис.3 видно, что точность определения местоположения

объекта наблюдения фактически зависит только от ошибок пеленгаторов и по сути не зависит от ошибок дальномера.

Библиографический список

1. Квазиоптимальный алгоритм вторичной обработки информации в радиолокационной системе. Азизов А.Г., Заикин Б.А., Калиниченко М.Е., Котов А.Ф. // Вестник МГТУ МИРЭА, М.:МИРЭА, 2014 г., с.184 - 195.

2. Радиоэлектронные системы: Основы построения и теория. Справочник. Изд. 2-е, перераб. и доп. / Под ред. Я. Д. Ширмана. – М.:Радиотехника, 2007. – 512 с.: ил.

3. Справочник по высшей математике / А.А. Гусак, Г.М. Гусак, Е.А. Бричкова. – Мн.: ТетраСистемс. 1999. – 640 с.

4. Авиационные радиолокационные комплексы и системы: учебник для слушателей и курсантов ВУЗов ВВС / П.И. Дудник, Г.С. Кондратенков, Б.Г. Татарский, А.Р. Ильчук, А.А. Герасимов. Под ред. П.И. Дудника. – М.: Изд. ВВИА им проф. Н.Е. Жуковского, 2006 – 1112 с.

5. Справочник по радиолокации / Под ред. М.И. Сколника. Пер. с англ. под общей ред. В.С. Вербы. В 2 книгах. Книга 1. Москва: Техносфера, 2014. – 672 с., ISBN 978-5-94836-381-3

ESTIMATING OF FILTERING QUALITY OF A NONLINEAR ALGORITHM IN A MONOSTATIC RANGE – ANGLE MEASURMENT RADIO SYSTEM

© Y.O. Areshin[1], B.A. Zaikin[2,3], A.F. Kotov[2]
[1]PLC «NPK «NIIDAR», Moscow, Russia
[2]Moscow Technological University, Moskow, Russia
e-mail: [3]halfmazerkin@gmail.com

Аннотация. Obtaining of an estimation of filtering quality of a monostatic range – angle measurement radio system is described in paper. Mathematical model of an observed object (1) – (4), geometric construction of a single position security system (Fig.1) and it mathematical description (6) – (8) are given in Part 1. Description of processes filtering by a nonlinear algorithm (9) – (22) is presented in the Part 2. Part 3 describes the definition of estimation criteria for the quality of filtering process, parameters for modeling the given system and the results of the modeling. The suggested criteria for the quality of filtering process include average, variance and standard deviation of filtering errors and interval between the true and filtering values (23) – (27). Results of modeling are presented at Fig.2. – Fig.7.

Keywords. Filtering of state vector, error of filtering, monostatic range – angle measurement radio system.

СЕКЦИЯ №5
РАДИОФИЗИКА И ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

УДК: 541.182

ТРЕКИ ПЫЛЕВЫХ ЧАСТИЦ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ В РАЗРЯДЕ, ИНИЦИИРОВАННОМ ГИОТРОНОМ В СМЕСЯХ ПОРОШКОВ МЕТАЛЛА И ДИЭЛЕТРИКА

© Соколов А.С.[2], Малахов Д.В.[1,2,3], Скворцова Н.Н.[1,2]
[1]Институт общей физики имени А.М. Прохорова РАН, Москва, Россия
[2]Московский технологический университет, Москва, Россия
[3]Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова, Москва, Россия
e-mail: Dmc63@yandex.ru

Аннотация. Представлено описание треков частиц пылевой плазмы, образующейся в цепных экзотермических реакциях, инициируемых излучением мощного гиротрона в смесях порошков металла и диэлектрика. Обнаружено, что после выключения гиротрона в реакторе на фоне развития химических реакций возникают ансамбли пылевых частиц, время существование которых на 3-4 порядка превышают длительность импульса СВЧ. Визуализированы треки пылевых частиц в реакторе. Определены скорости пылевых частиц ~10-100 см/с.

Ключевые слова. Пылевые частицы, плазмохимия, гиротрон, микроволновый разряд.

Эксперименты по созданию микро и нано объектов и модификации поверхностей в разряде, возникающем при воздействии на порошковые смеси сложного состава излучения мощного 4-мм импульсного гиротрона из состава комплекса ЭЦР нагрева стелларатора Л-2М [1, 2], сопровождались съемкой высокоскоростной камерой «FastecImaging IN250M512».

Эксперименты по созданию микро и нано объектов и модификации поверхностей в разряде, возникающем при воздействии на порошковые смеси сложного состава излучения мощного 4-мм импульсного гиротрона из состава комплекса ЭЦР нагрева стелларатора Л-2М [1, 2], сопровождались съемкой высокоскоростной камерой «FastecImaging IN250M512».

При воздействии на смесь порошков микроволнового излучения видеокамеры фиксируют в течение 1-2 мс отдельные центры слабого свечения на поверхности порошка. Затем, еще до окончания импульса СВЧ излучения, в реакторе наблюдается яркая вспышка с засветкой всех спектрометров и видеокамер. После окончания импульса СВЧ излучения наблюдается

медленное, по сравнению с его длительностью, ~10-20 мс уменьшение яркости свечения. Наблюдаемая вспышка свечения связана с началом разлета заряженных пылинок с поверхности порошка и с их сильным взаимодействием с газом и плазмой.

В результате взрывного процесса на поверхности порошка в объем реактора вылетают микрочастицы, свечение которых становится заметным на фоне уменьшающейся яркости поверхности порошка (рис. 1).

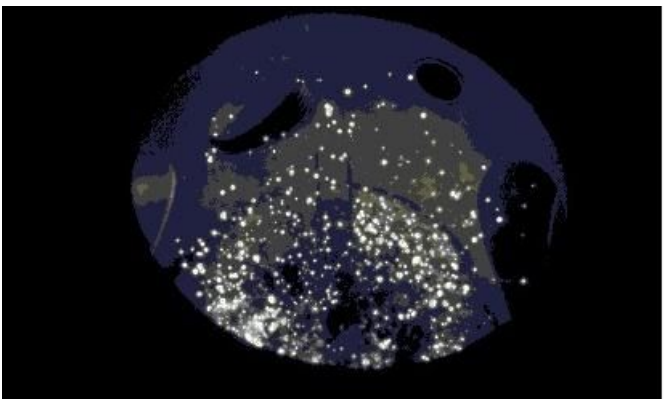


Рис. 1. Светящиеся частицы в объеме реактора на второй стадии цепного процесса на фоне слабо светящейся взвеси через 50 мс после выключения СВЧ (Mo+B в воздухе, энергия в импульсе 1200 Дж за 8 мс).

Вторая стадия развития цепного процесса наблюдается после выключения СВЧ импульса, ее длительность достигает десятков секунд. Из-за термофореза пылевые частицы, вылетевшие из порошка на взрывной стадии, остаются внутри реактора и наблюдаются в течение сотен миллисекунд. Время существования плазменно-пылевых образований в реакторе превышает длительность импульса гиротрона на 2-3 порядка.

На рис.2. показаны треки частиц в реакторе, измеренный в течение 1 секунды после выключения импульса гиротрона. Скорости частиц, измеренные по этим трекам, составили 10-100 см/с.

Добавление малых количеств катализатора увеличивает количество полученных вторичных материалов за счет более активного протекания экзотермических реакций. Тогда из-за разогрева границы порошок-газ происходит дополнительное поступление частиц порошка в реактор. Соответственно, возрастает число наблюдаемых частиц в реакторе. Треки частиц смещаются во внешнем магнитном поле. Показано, что частицы заряжены отрицательно, заряд на поверхности достигает 1000e. Пылевые частицы играют важную роль, являясь центрами кристаллизации сложных композитов.

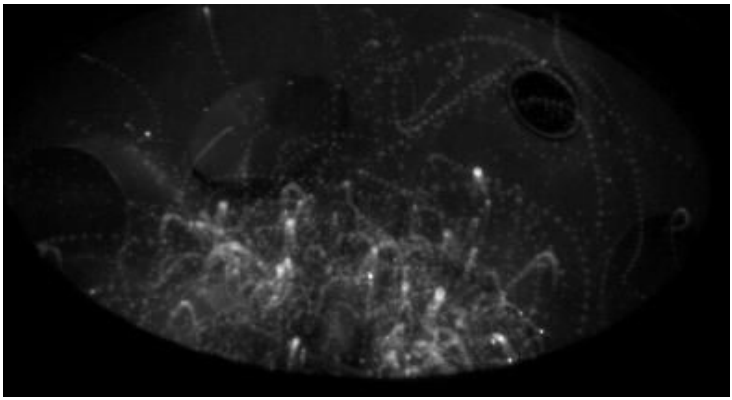


Рис. 2. Треки частиц в реакторе в течение 1 секунды после выключения импульса гиротрона.

Библиографический список

1. Batanov G.M., Kharchev N.K., Letunov A.A., Malakhov D.V., Sarksian K.A., Skvortsova N. N., et al.Journal of Nanoelectronics and Optoelectronics. 2013. Vol. 8, P58.

2. Skvortsova N. N., Kharchev N.K., Malakhov D. V., Letunov A. A., SokolovA. S. ,et.al.// Radiophysics and Quantum Electronics 58(9), 2016, pp 701–709.

TRACKS OF DUST PARTICLES IN A MAGNETIC FIELD IN DISCHARGE, INITIATED BY A GIOTRON IN MIXTURES OF METAL POWDERS AND DIETELECTRICS

© Sokolov A.S.[2], Malakhov DV[1,2,3], Skvortsova N.N.[1,2]
[1]Prokhorov General Physics Institute RAS, Moscow, Russia
[2]Moscow Technological University, Moscow, Russia
[3]Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia
Dmc63@yandex.ru

Annotation. A description is given of the tracks of particles of dusty plasma formed in chain exothermic reactions initiated by the emission of a powerful gyrotron in mixtures of powders of a metal and a dielectric. It is found that, after the gyrotron is turned off in the reactor against the backdrop of the development of chemical reactions, ensembles of dust particles arise whose lifetime is 3-4 orders of magnitude greater than the duration of the microwave pulse. The tracks of dust particles in the reactor are visualized. The velocities of the dust particles are ~ 10-100 cm/s.

Keywords. Dust particles, plasma chemistry, gyrotron, microwave discharge.

УДК: 533.9,551.5

ПРИМЕНЕНИЕ ВЕЙВЛЕТА ХААРА ДЛЯ АНАЛИЗА ПЛАЗМЕННЫХ И АТМОСФЕРНЫХ ФЛУКТУАЦИЙ

© В. А. Смирнов[1], А. А. Харчевский[1], С. А. Маслов[2, 3]
[1]Московский технологический университет (МИРЭА), Институт радиотехнических и телекоммуникационных систем, Москва, Россия
[2]Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, механико-математический факультет, Москва, Россия
[3]Объединенный институт высоких температур Российской академии наук, Москва, Россия
e-mail: viperx15@mail.ru

Аннотация. В докладе рассмотрены характеристики турбулентности на периферии плазмы в стеллараторе Л-2М, измеренной допплеровским рефлектометром, и в атмосферных вихрях (тайфунах и торнадо) методами вейвлет-анализа с использованием функции Хаара. Получены оценки продолжительности перехода (скачка параметров) в плазме стелларатора Л-2М и атмосферных процессах. Показано, что в атмосферных вихрях высоко- и низкочастотные колебания некоторых параметров, в частности, давления, затухают или усиливаются в разные моменты времени, а в плазме амплитуды флуктуаций плотности на различных частотах изменяются синхронно.

Ключевые слова. Вейвлет-анализ, плазменная турбулентность, вихрь, скачки параметров

В настоящее время вейвлет-анализ [1] является одним из широко используемых методов науки и техники. Эта методика основана на применении особых функций (вейвлетов) с пространственно-временной локализацией к исследованию различных процессов. Если многие популярные методы обработки сигналов (в частности, Фурье-анализ) позволяют выявить лишь набор частот для процессов, то вейвлет-анализ дает возможность обнаружить частотно-временные закономерности физических явлений [2], т.е. подходит для исследования как стационарных, так и нестационарных случайных процессов.

В ряде работ описывается использование вейвлет-анализа в астрофизике и физике плазмы. Эта методика стала популярной в ходе исследо-

вания физических свойств внешних слоев атмосферы Солнца (солнечной короны) и магнитогидродинамической турбулентности солнечного ветра [3, 4] движения ионизированных частиц, истекающих из короны Солнца. Вейвлеты широко используются при исследовании плазмы (особенно ее краевой области) в экспериментальных установках-стеллараторах и токамаках [5-8]. На краю плазмы турбулентный перенос частиц часто преобладает над их направленным движением, что приводит к появлению сильных флуктуаций параметров [7]. Вейвлет-анализ позволяет выявить частотно-временные закономерности турбулентности в различных процессах, в частности, переходах в режим с улучшенным удержанием плазмы [7, 8].

Вейвлет-анализ также находит успешное применение в исследовании метеорологических явлений [9]. В атмосферных вихрях, цунами, Эль-Ниньо (резкое потепление океанических вод вблизи Центральной и Южной Америки) имеет место интенсивная турбулентность, а в ходе многолетнего изменения климата температура из года в год может претерпевать существенные отклонения от среднего значения.

Разработанное программное обеспечение (ПО) с использованием вейвлет-алгоритмов для анализа зондовых измерений в стеллараторе Л-2М [8] оказалось возможным использовать и для исследования других физических процессов, в частности, для анализа данных диагностики допплеровской рефлектометрии. Выяснилось, что данное ПО может быть применено и для анализа баз данных турбулентных пульсаций различных параметров торнадо и других атмосферных вихрей.

1. Процессы в плазме стелларатора Л-2М

Эксперименты по исследованию плазменных процессов проводились в стеллараторе Л-2М. Создание и нагрев плазмы осуществлялся методом электронно-циклотронно-резонансного (ЭЦР) нагрева с использованием гиротронного комплекса МИГ-3, работающего в импульсном режиме с регулируемой длительностью импульса порядка 10-12 мс [6-8]. В работе рассматривались сигналы диагностики допплеровской рефлектометрии. Длительность удержания плазмы в стеллараторе Л-2М варьируется от способа её создания и нагрева и может составлять 30-40 мс для ЭЦР и около 80 мс для омического (токового) режима. ЭЦР-нагрев включался на 48-й мс и выключался на 60-й мс с момента начала опыта. Старт отсчета аналого-цифрового преобразователя происходил на 45-й мс синхроимпульса установки. Запись данных на обраба-

тывающее устройство осуществлялась с оцифровкой 6.25 МГц, т.е. через каждые 0.16 мкс. Для исследования процессов в настоящей работе используется вейвлет Хаара [1], эффективность применения которого при обработке сигналов стелларатора Л-2М показана в [8]. Использование этой функции позволяет получить оценку времени скачка параметров, наиболее близкую к экспериментальным наблюдениям.

На рис. 1 в качестве примера приведены флуктуации электронной плотности и их вейвлет-спектры для двух характерных плазменных сигналов стелларатора Л-2М (эксперименты № 19692 и № 20181). Слово “scales” на рис. 1-2 в переводе означает “обратные частоты”. Сигналы на рис. 1 представляют собой процессы с резкими скачками параметров. При постоянной мощности ЭЦР-нагрева наблюдаются быстрые переходы длительности порядка 0.1-0.2 мс, которые отражаются в резком изменении флуктуаций плотности плазмы. В моменты времени 54.2 и 57.1 мс наблюдается уменьшение амплитуды колебаний плотности в ходе сигнала № 19692, а на 58.7 мс флуктуации резко усиливаются (рис. 1а-в). В процессе эксперимента № 20181 колебания плотности скачкообразно усиливаются на 56.4 мс и затухают на 56.9 мс (рис. 1г-д).

Амплитуда плазменных флуктуаций при быстрых переходах изменяется синхронно: не наблюдается существенной зависимости момента времени их затухания или усиления от частоты. В плазме обеспечивается интенсивный обмен энергией между колебаниями плотности в различных участках частотного спектра.

2. Флуктуации давления в атмосферных вихрях

Атмосферный воздух существенно отличается от плазмы по своим свойствам. Во-первых, воздух обычно не обладает сильной ионизацией. Во-вторых, магнитное поле Земли (не более 5×10^{-5} Тл) гораздо меньше поля в стеллараторе Л-2М -порядка 1.3 Тл [6-8]. Этим обусловлено различие частотно-временных характеристик плазменных процессов и атмосферных вихрей: тайфунов, возникающих над перегретой поверхностью океана, имеющих радиус 100-1000 км и максимальную скорость вращения до 90 м/с, и торнадо, опускающихся из грозового облака в виде воронки, которая имеет радиус 10--1500 м и вращается со скоростью до 150 м/с и выше [10]. Покажем, что применение вейвлета Хаара эффективно также в ходе исследования атмосферных вихрей.

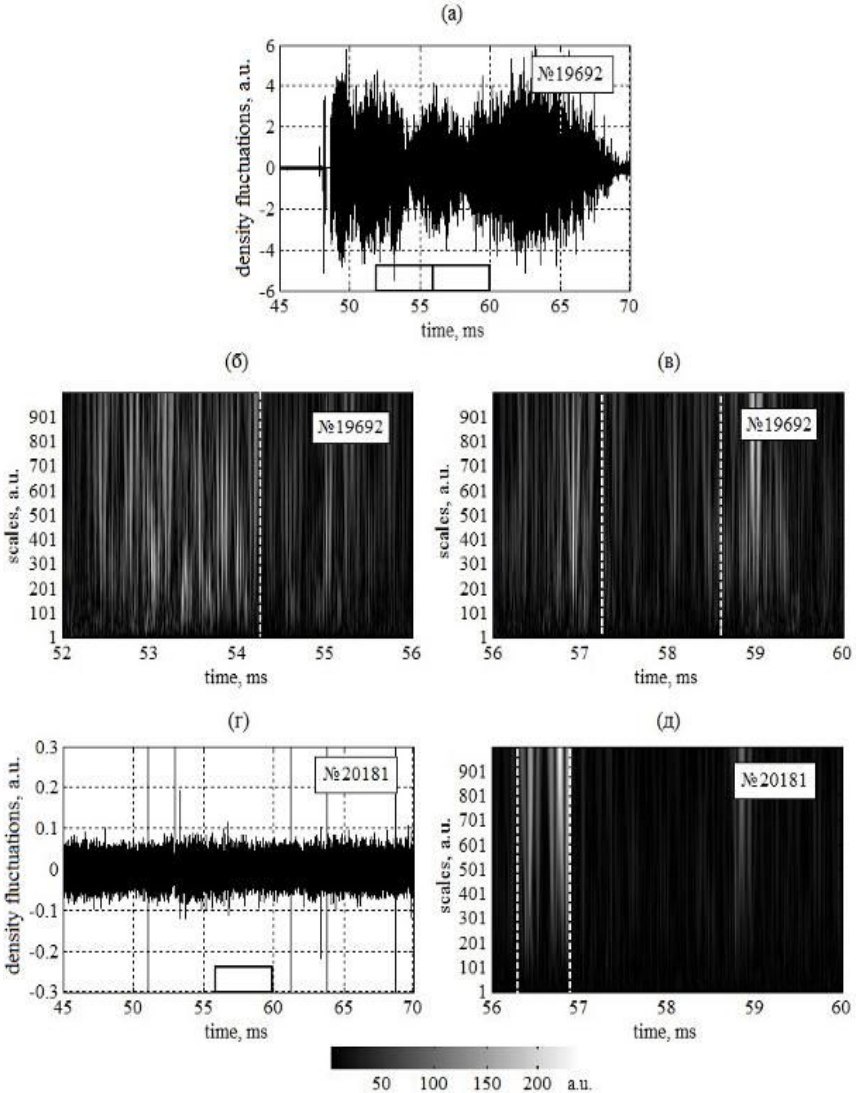


Рис. 1. Флуктуации плотности плазмы в ходе сигнала № 19692 (а), их вейвлет-спектры в интервалах 52--56 мс (б) и 56--60 мс (в), флуктуации плотности в ходе сигнала № 20181 (г) и их вейвлет-спектр в интервале 56--60 мс (д). Прямоугольниками выделены временные интервалы исследования сигналов, пунктирами-моменты быстрых переходов.

На рис. 2 приведены результаты измерения атмосферного давления на земной поверхности в двух типичных случаях атмосферных вихрей: торнадо (Манчестер, Южная Дакота, США, 24.06.2003) [11] и тайфуне Айрин (США, август 2011 г.) [12]. Давление вблизи торнадо измерялось с использованием закрепленного на земной поверхности зонда HITPR [11], в области прохождения тайфуна – с применением наземных экспериментальных установок NOAA [13].

Оцифровка экспериментальных данных производилась с частотой 10 Гц в случае торнадо и через времена порядка 1 часа для тайфуна Айрин. Из рис. 2а-б видно, что продолжительность тайфуна в области эксперимента составляла около 2 суток, а торнадо менее 4 минут. В то же время, падение давления в тайфуне было более плавным, чем в торнадо, и абсолютные флуктуации давления были менее выраженными: в торнадо максимальная амплитуда колебаний составляла 15 мбар, а в тайфуне около 3 мбар (рис. 2 в--г).

Вейвлет-анализ с использованием функции Хаара показывает усиление флуктуаций абсолютного значения давления в момент его максимального падения (в ядре вихря). Амплитуда колебаний давления в торнадо максимальна в момент времени около 90 с, а в тайфуне между 11 и 13 часами 27.08.2011 по местному времени (рис. 2 д--е). В эти же моменты времени давление падает до минимальных значений. Кроме того, на периферии обоих атмосферных вихрей существенно усиливаются флуктуации давления и, чем ближе к оси вихря, тем выше их частота. Область колебаний давления вблизи тайфуна весьма размыта, а вблизи торнадо четко очерчена. Вследствие меньшего поперечного размера и большей скорости вращения торнадо, по сравнению с тайфуном [10], перепады давления вблизи первого существенно более интенсивны.

Исследования показали, что вейвлет-анализ изменения физических параметров применим во множестве приложений, в частности для изучения солнечного ветра, процессов в плазме стелларатора, атмосферных вихрей, и в дальнейшем эта методика может быть применена к данным других физических диагностик для исследования флуктуаций в вихревых, в частности, тороидальных, системах.

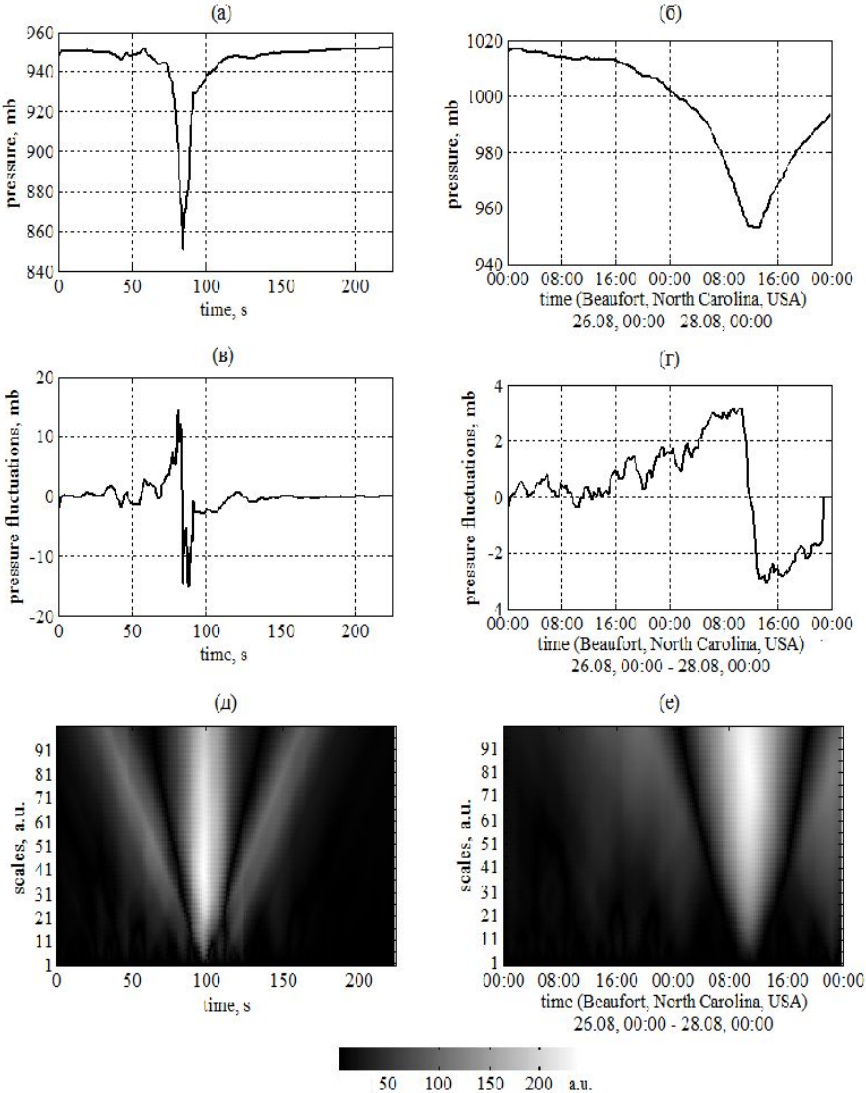


Рис. 2. Изменение давления в торнадо [11], Манчестер, Южная Дакота, 24.06.2003 (а) и урагане Айрин [12], август 2011 г. (б), флуктуации давления в торнадо (в) и урагане (г), вейвлет-спектры флуктуаций давления в торнадо (д) и урагане (е).

В ходе вейвлет-анализа турбулентности в атмосферных вихрях и плазменных процессах в стеллараторе Л-2М с использованием функции Хаара обнаружено, что амплитуда флуктуаций атмосферного давления существенно возрастает как в ядре торнадо или урагана, так и на периферии, причем ближе к оси вихря преобладают колебания более высоких частот. В процессах в стеллараторе Л-2М, в отличие от атмосферных вихрей, амплитуда флуктуаций различных частот может изменяться, в зависимости от условий, синхронно, например, вследствие интенсивного обмена энергией между разными участками частотного спектра, возможно, связанного с развитием ETG и ITGплазменных неустойчивостей, обнаруженных ранее [14, 15].

3. Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-31-00456 мол_а.

Библиографический список

1. Daubechies I. Ten lectures on wavelets. 1992. Philadelphia: Society for Industrial and Applied Mathematics.

2. Van Milligen B Ph, Sanchez E., Estrada T., Hidalgo C., Branas B. et al. // Phys. Plasmas. 2005. V. 2. P. 3017.

3. Salem C., Mangeney A., Bale S.D., Veltri P. // Astrophys. J. 2009. V. 702. P. 537.

4. De Moortel I., Hood A.W. // Astron. Astrophys. 2000. V. 363. P. 269.

5. Bruskin L.G., Mase A., Tokuzawa T., Kubota S., Oyama N. et al. // Rev. Sci. Instrum. 1999. V. 70. P. 1052.

6. Kharchev N.K., Batanov G.M., Berezhetskii M.S., Borzosekov V.D., Fedyanin O.I. et al. // Plasma and Fusion Research. 2011. V. 6. P. 2402142.

7. Batanov G.M., Belousov V.I., Bondar' Yu.F., Borzosekov V.D., Vasil'kov D.G. et al. // Plasma Phys. Reports. 2013. V. 39. P. 1088.

8. Maslov S.A., Vasilkov D.G., KholnovYu.V., Skvortsova N.N. // J. Phys.: Conf. Ser. 2016. V. 666. P. 012009.

9. Astaf'eva N.M. // Advances in Physical Sciences. 1996. V. 39. P. 1085.

10. Nalivkin D.V. // Uragany, buriismerchi. Geograficheskie osobennosti I geologicheskayadeyatel'nost' (Hurricanes, storms and tornadoes. Geographical

specialities and geological activity). 1969. Leningrad: Nauka [in Russian]

11. Lee J.J.., Samaras T.M. // https://ams.confex.com/ams/pdfpapers/81700.pdf.
12. Hurricane Irene August 26--27, 2011. // http://www.weather.gov/mhx/ Aug272011EventReview.
13. Land-Based Station Data. National Centers for Environmental Information (NCEI) formerly known as National Climatic Data Center (NCDC). // https://www.ncdc.noaa.gov/data-access/land-based-station-data.
14. Malakhov D.V., Skvortsova N.N., Gorshenin A.K., KorolevV.Yu., ChirkovA.Yu. et al. // J. Math. Sci. 2016. V. 218. P. 208.
15. Skvortsova N.N., Chirkov A.Y., Kharchevsky A.A., Malakhov D.V., Gorshenin A.K. et al. // J. Phys.: Conf. Ser. 2016. V. 666. P. 012007.

HAAR WAVELET APPLICATION TO ANALYSIS OF PLASMA AND ATMOSPHERIC FLUCTUATIONS

©V. A. Smirnov[1, *], A. A. Kharchevsky[1], S. A. Maslov[2, 3]
[1]Moscow Technological University (MIREA), Radio Engineering and Telecommunication Systems Institute, Moscow, Russia
[2]Lomonosov Moscow State University, Department of Mechanics and Mathematics, Moscow, Russia
[3]Joint Institute for High Temperatures of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
e-mail: viperx15@mail.ru

Abstract. Characteristics of turbulence measured by the Doppler reflectometer at the plasma periphery in the L-2M stellarator and atmospheric vortices (typhoons and tornadoes) by wavelet analysis methods are investigated in the article. Estimates of the duration of the transition (a bound of the parameters) in the L-2M stellarator plasma and atmospheric processes are obtained. It is shown that, in atmospheric vortices, high- and low-frequency oscillations of certain parameters, in particular, pressure, decay or amplify at different instants of time, and in the plasma, the amplitudes of the density fluctuations at different frequencies change synchronously.

Keywords. Wavelet-analysis, plasma turbulence, vortex, parameters bounds

УДК 504.75.06

МИКРОВОЛНОВЫЙ ИСТОЧНИК УФ-ИЗЛУЧЕНИЯ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫЙ ДЛЯ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ, СТОЧНЫХ И ПИТЬЕВЫХ ВОД

© Гвоздева М. А.[1], Богач Е.С.[1], Бархударов Э.М.[2], Бережецкая Н.К.[2], Коссый И.А.[2]
[1]МАИ (НИУ), Москва, Россия
[2]Институт общей физики имени А.М. Прохорова РАН, Москва, Россия
e-mail: ainervous@gmail.com

Аннотация. В работе приведено сравнение стандартной системы и экспериментальной установки ОВОД для очистки вод и воздуха от грибков и бактерий. Целью работы является изучение механизмов ультрафиолетового обеззараживания, оценка эффективности работы установки.

Ключевые слова. УФ-излучение, очистка вод и воздуха, микроволновый источник.

Обработка ультрафиолетовым излучением, обладающим бактерицидными свойствами, – это высокоэффективный, экономичный, наименее опасный с экологической точки зрения способ обеззараживания воды и воздуха.

Ультрафиолетовое обеззараживание базируется на способности коротковолнового излучения проникать сквозь стенки клетки микробиологических объектов, добираясь до ее информационного центра — нуклеиновых кислот ДНК и РНК. В ДНК живой клетки хранится вся информация, которая контролирует процесс развития и нормального функционирования в клетке. При поглощении излучения ДНК и РНК теряют способность делиться, вследствие чего теряется способность клетки к размножению.

В работе приведено сравнение стандартных систем очистки воды и воздуха от грибков и бактерий с разработанной и изготовленной в ИОФ РАН установкой ОВОД. К инновационным особенностям устройства относятся следующие свойства:

-разработка и реализация оригинальной схемы запитки УФ газоразрядной ламповой системы мощным (≈ 1 кВт) микроволновым излучением, обеспечивающая низкое погонное энерговыделение, и необходимую для эффективной генерации УФ излучения достаточно низкую ($\leq 50^0$ C) газовую температуру.

-выбор режима работы УФ ламп с реализацией «резонансного» механизма возбуждения и поддержания разряда, обеспечивающего рекордно высокую эффективность трансформации микроволнового излучения в биологически активный УФ ($\leq 60\%$).

-оригинальная конструкция устройства, позволяющая осуществлять стерилизацию УФ излучением микроволновых ламп воздушной среды по-

мещений, потоков сбросовых или питьевых вод, твёрдых поверхностей.

- конструктивные решения, обеспечивающие надежную защищённость обслуживающего персонала от облучения при работе устройства УФ и микроволнами.

Проведена апробация установки в научно-исследовательском институте ветеринарной вирусологии и микробиологии РАН. Микробную обсеменённость воздуха определяли методом седиментации на твердые питательные среды для выявления бактериальной и грибной микрофлоры.

После двухчасовой работы установки произошло снижение бактериальной нагрузки воздуха в 6,7 раза, а грибной – в 7,6 раза. В среднем показатель ОМЧ (бактерии и плесени в 1 м3 воздуха) через 2 часа экспозиции снизился в 7,3 раза.

УФ технологии обеззараживания могут оказать большую помощь в животноводстве, как на промышленной, так и фермерской основе; помогут оптимизировать технологические процессы, предотвратить появление и распространение инфекционных болезней скота и птицы; в экологическом плане – обеспечить охрану окружающей среды от техногенных загрязнений и излишнего расхода химических реагентов.

Библиографический список

1. Э.М. Бархударов, Ю.Н. Козлов, И.А. Коссый, Н.И. Малых, М.А. Мисакян, И.М. Тактакишвили, А.А. Хомиченко.Безэлектродный микроволновый источник ультрафиолетового излучения // Журнал технической физики, 2012, том 82, вып. 6.

2. Э. М. Бархударов, Н. В. Денисова, И. А. Коссый, М. А. Мисакян. «Резонансный» микроволновый разряд как источник ультрафиолетового излучения // Физика плазмы, 2009, том 35, № 7, с. 611–618.

3. Barhudarov E.M., Christofi N., Kossyi I.A., Misakyan M. A., Sharp J., Taktakishvili I. M. Killing bacteria present on surfaces in films or in droplets using microwave UV lamps// World Journal of Microbiology and Biotechnology, June 2008, Volume 24, Issue 6, pp 761–769.

MICROWAVE UV LAMP FOR DISINFECTION OF AIR AND WATER

Gvozdeva M.A.[1], Bogach E.S.[1], Barhudarov E.M.[2], Berezhetskaya N.K.[2], Kossyi I.A.[2]
[1]MAI (NRU), Moscow, Russia
[2]Prokhorov General Physics Institute RAS, Moscow, Russia
e-mail: ainervous@gmail.com

Abstract. The article compares the standard system and system OVOD for water and air purification from bacteria and mycosis. The aim is to study the UV disinfection mechanism, evaluation of the effectiveness of the system.

Keywords. Microwave, ultraviolet, water and air treatment.

УДК 620.3, 537.523.4, 537.528

ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ, ТЕРМИЧЕСКИХ И ОТРЫВНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ВТОРИЧНОЭМИССИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АНТИМУЛЬТИПАКТОРНЫХ ПОКРЫТИЙ

© А.М. Анпилов[2], Э.М. Бархударов[2], И.А. Коссый[2], Г.С. Лукьянчиков[2], И.В. Моряков[1]
[1]Московский технологический университет, Москва, Россия
[2]Институт Общей Физики РАН, Москва, Россия
e-mail:igor_miw@mail.ru, apilov56@gmail.com

Аннотация. Нанесённая на поверхность металла тонкая наноуглеродная плёнка способна уменьшить коэффициент вторичной электронной эмиссии до величины меньше или равной единице. Тем самым устраняется возможность развития мультипакторного разряда. В работе описан способ получения антимультипакторного покрытия. Проведённые термические, климатические и отрывные испытания показали устойчивость эмиссионных свойств покрытия.

Ключевые слова. Мультипакторный разряд, наноуглеродная плёнка, вторичная электронная эмиссия.

В течение последних 20—30 лет большое внимание уделяется исследованию мультипакторного разряда – эффекта лавинного размножения электронов, возникающего в результате вторичной эмиссии электронов. Данное явление может нарушать работу СВЧ–генераторов высокой мощности, ускорителей электронов, и, даже приводить к выходу из строя систем спутниковой связи. Разработка технологий, посвящённых подавлению данного эффекта является в наше время весьма актуальной [1]. Одним из возможных решений данной проблемы является изменение поверхностных свойств металлических поверхностей с целью уменьшения коэффициента вторичной эмиссии до величины меньше пороговой $\sigma_{max}<1,5$.

Требуемое изменение поверхности может быть достигнуто путём нанесения тонкого слоя наноуструктурированного углерода на поверхность металла [2] (рис. 1). При этом не меняются радиофизические свойства модифицированных таким образом элементов приборов.

В данной работе приводятся результаты климатических, термических и отрывных испытаний, которым подвергалось антимультипакторное покрытие (плёнка).

Покрытие было создано на пластинеиз Al (размеры пластины: 1·1·0,1 см) методом испарения коллоидного раствора наноуглерода. Тол-

щина плёнки при этом составляла ~1 мкм. Устойчивый коллоидный раствор наноразмерного углерода был получен при помощи импульсного высоковольтного разряда в этаноле при инжекции инертного газа – аргона в межэлектродное пространство [2].

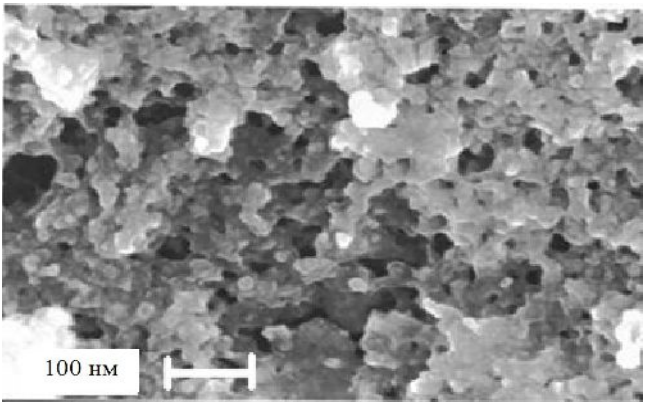


Рис. 1. Фотография наноуглеродного покрытия, полученного при испарении коллоидного раствора, при помощи электронного микроскопа.

1. Коллоидный раствор наноуглерода.

Короткий импульсный разряд способствует созданию метастабильных фаз углерода в результате атомизации углерода в высокотемпературном канале разряда с последующим его быстрым охлаждением («закалкой»). Для реализации указанного способа использовалось многоэлектродное разрядное устройство [3], схематически представленное вместе с эквивалентной электрической схемой на рис. 2. Где 1 — цилиндрическая диэлектрическая камера – объёмом 100 см^3, 2 – электроды, расположенные по кольцу на внутренней поверхности камеры с одинаковым зазором между ними (1 – 1,5 мм); 3 – электроизоляционный материал; 4 – патрубки для подачи газ, а с отверстиями – мм; 5 – клеммы для подачи высоковольтного напряжения. Параметры источника питания: энергия накопительного конденсатора – W≤1,6 Дж.; напряжение U≤20 кВ; ток I≤300А; частота импульсов f≤100 Гц. Использовался 95% этиловый спирт, расход газа составлял ~ 2 л/мин.

При подаче высокого напряжения в пузырьках газа, содержащих пары спирта, формируются высокотемпературные искровые каналы, характеризующиеся следующими параметрами: температура тяжёлых частиц 4000-5000 К, температура электронов 1,0…1,5 эВ, концентрация заряженных частиц (2…3)·10^{17}см^3.

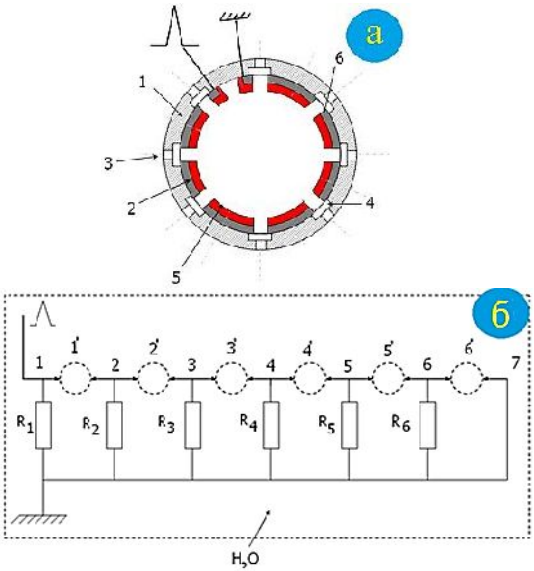


Рис. 2. а – схема разрядного устройства, (1 – диэлектрическая трубка, 2 – электроды, 3 – отверстие для подачи газа, 4 – электроизоляционный материал, 5 – рабочая поверхность электрода);
б – эквивалентная электрическая схема. (1…7 – электроды, 1'…6' – газовые полости, R_1–R_6 – эквивалентные сопротивления между электродами и землёй).

На рис. 2б. схематически представлена эквивалентная электрическая схема устройства. Система работает по принципу скользящего разряда. Вода является проводящей средой. Эквивалентные сопротивления, указанные на рис. 1Б (R_1…R_6) - это сопротивления воды между соответствующими электродами и землей. Высокое значение сопротивления воды обеспечивает развитие последовательный пробой разрядных промежутков. Наличие границы трёх сред – газ-металл-вода ($\varepsilon_{воды}$=81) снижает порог электрического пробоя, который формируется вдоль границы вода – газ.

На рис. 3 представлены типичные осциллограммы тока и напряжения.

Под действием разряда этанол приобретает тёмный коричневато-чёрный цвет. Параметры образованного таким образом коллоидного раствора изучались различными методами: комбинационное рассеяние света (КРС), динамическое рассеяние (ДРС), рентгеновская дифрактометрия, электронная микроскопия и др. Проведенные исследования позволили выявить следующие особенности коллоидного раствора:

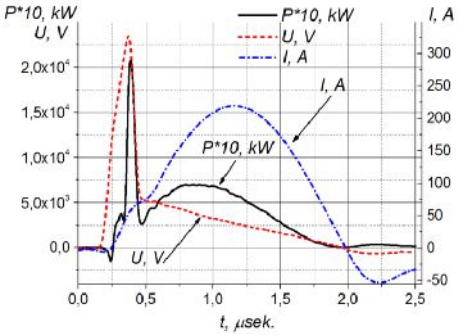


Рис. 3. Осциллограммы тока, напряжения и мощности.
(–U, В; –I, А; – P·10, кВт)

1. При превышении удельного энерговклада в этанол (~10 Дж/см^3) получается устойчивый коллоидный раствор (время наблюдения более одного года).
2. При нагреве коллоидного раствора до температуры близкой к температуре кипения и последующего охлаждения, свойства коллоида не меняются.
3. Наночастицы обладают отрицательным зарядом, при прохождении тока через коллоид на положительном электроде образуется наноуглеродное покрытие.

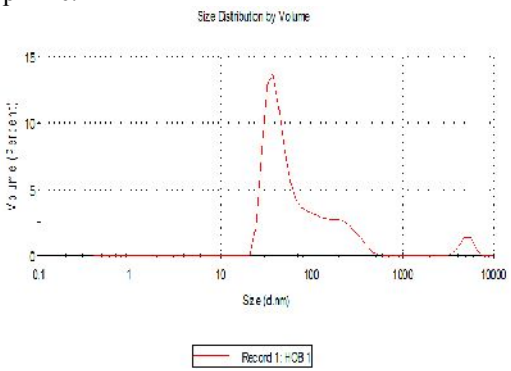


Рис. 4. Распределение наночастиц коллоида по размерам.

4. Частичная седиментация коллоидного раствора происходит через 10…20 часов после прохождения тока. Аналогичный результат наблюдается при воздействии лазерного излучения и ультразвука.
5. Размеры и структура наночастиц зависят от удельного энергов-

клада (типичное распределение приведено на рис. 4).

Анализ порошка, полученного при испарении коллоидного раствора, показал, что основную массу составляет разупорядоченный углерод в виде наночастиц. В тоже время, полученные дифрактограммы и рефлектограммы указывают на наличие частиц, обладающих кристаллической структурой. Анализ элементного состава показал, что ~70…80% составляет углерод, 1…2% приходится на распылённые металлы электродов, а остальное – кислород.

2. Термические и отрывные испытания.

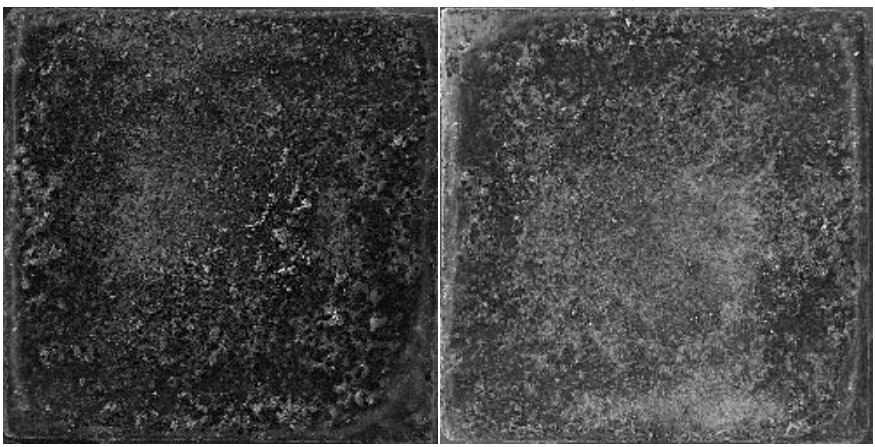
К антимультипакторным покрытиям предъявляются следующие требования [1]:

1) Низкая вторичная электронная эмиссия (ВЭЭ) (первый критический потенциал $E_1 > 75$ В, максимальный коэффициент ВЭЭ — $\sigma_{max} < 1{,}5$),

2) Низкое радиочастотное поверхностное сопротивление (не превышающее сопротивление Ag более чем в 3 раза),

3) Устойчивость параметров при хранении в контакте с атмосферой (более 10 месяцев).

Для определения соответствия предлагаемого покрытия перечисленным выше требованиям, были проведены следующие испытания: отрывные воздействия; ускоренные климатические испытания (УКИ) повышенная температура 70°С на протяжении 10 дней; повышенная влажность 95%, t =30°С - 3 дня; термоциклирование: от -160°С до +160°С — 10 циклов, при скорости изменения 5°С/мин. и давлении $5 \cdot 10^{-5}$ ммрт.ст.

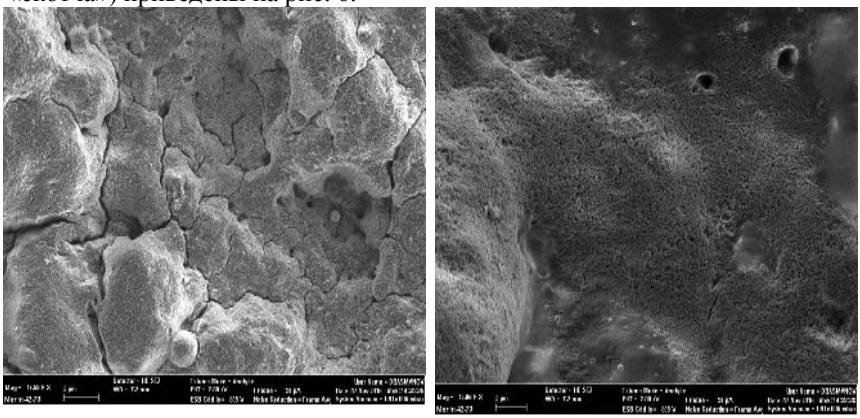


До испытаний *После испытаний*

Рис. 5. Фотографии образца до и после термических и климатических испытаний, сторона 10 мм.

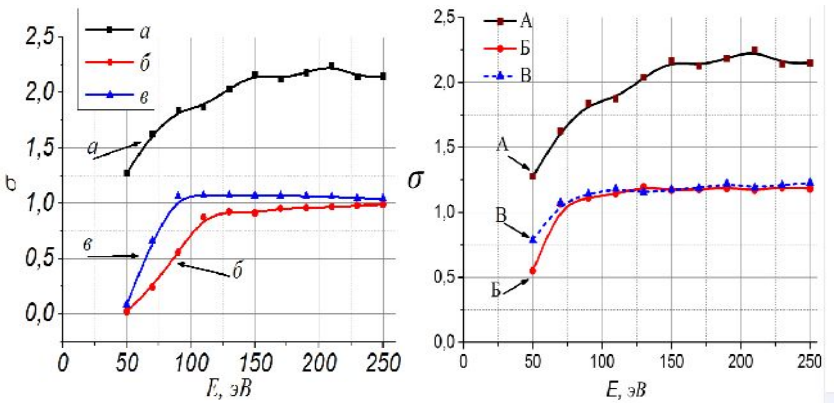
На рис. 5 приведены фотографии покрытия до и после термических испытаний. УКИ имитировали 2 года предполётной подготовки в составе деталей в наземных условия. Термоциклирование моделировало условия максимально близкие к условиям эксплуатации на спутниках связи.

Фотографии покрытия до и после отрывных воздействий (метод «скотча») приведены на рис. 6.



До испытаний *После испытаний*

Рис. 6. Фотография образца полченная при помощи электронного микроскопа до и после отрывных испытаний.



Термические испытания *Отрывные испытания*

Рис. 7. Значения КВЭЭ до и после испытаний (термические слева, отрывные справа), а - алюминий без нанопокрытия, б - образец с нанопокрытием до испытаний, в - образец с нанопокрытие после испытаний

На рис. 7 приведены значения коэффициента вторичной электронной эмиссии в зависимости от энергии электронного пучка. Необходимо особо отметить, что повторные измерения коэффициента вторичной эмиссии показали высокую устойчивость эмиссионных свойств образца (рис 7.В).

Полученные результаты существенно повышают значимость разработанной в ООО ПЛАЗМА-Ски в ИОФ РАН технологии.

Библиографический список:

1. Nistor V. C., Aguilera L., Montero I., et al. Strategies for Anti-Multipactor Coatings of Suppressed Secondary Emission and Low Insertion Losses for High Power RF Components of Satellite Systems. MULCOPIM'08, Valencia, Spain.

2. A. M. Anpilov, E. M. Barkhudarov, I. A. Kossyi, G. S. Luk'yanchikov, M. A. Misakyan, I. V. Moryakov. Thin film of nano-dimensional carbon deposition on the metallic samples as a multipactor prevention method. ApplPhys. №4, pp. 11-15 (2014).

3. A. M. Anpilov, E. M. Barkhudarov, I. A. Kossyi, Misakyan M.A. Способ получения коллоидного раствора наноразмерного углерода. Патент на изобретение №2556938.

INFLUENCE OF CLIMATIC, THERMAL AND SEPARATE IMPACT ON SECONDARY EMISSION CHARACTERISTICS OF ANTIMULTIPACTOR COATINGS

©A. M. Anpilov[2], E. M. Barkhudarov[2], I. A. Kossyi[2], G. S. Luk'yanchikov[2], I. V. Moryakov[1].

[1]Moscow Technological University, Moscow, Russia

[2]Prokhorov General Physics Institute RAS, Moscow, Russia

e-mail: igor_miw@mail.ru, apilov56@gmail.com

Abstract. Thin nano-carbon film deposition on the metallic surface is capable to reduce a secondary electron emission to a value equal or smaller than 1. This eliminates the possibility of multipactor discharge excitation. A method for obtaining antimultipactor covering is described in the submitted paper. The conducted thermal, climatic and detachment tests showed the stability of the emission properties of the coating.

Keywords. Multipactor discharge, nanocarbon film, secondary electron emission.

УДК 533.9.082.74

ФУРЬЕ И ВЕЙВЛЕТ МЕТОДЫ АНАЛИЗА СИГНАЛОВДЛЯ СИСТЕМЫ ДОППЛЕРОВСКОЙ РЕФЛЕКТОМЕТРИИ

©А.А.Харчевский[1], Д.В.Малахов[1,2,3], Н.Н.Скворцова[1,2]
[1]Московский технологический университет, Москва, Россия
[2]Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН, Москва, Россия
[3]Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова, Москва, Россия
e-mail: 89168766306@mail.ru, 89199945791@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены методы Фурье и вейвлет анализа СВЧ сигналов системы допплеровской рефлектометрии установленной на стеллараторе Л-2М. Описанные методы анализа экспериментальных сигналов применяются для теоретического обоснования процессов структурирующих плазменные колебания.

Ключевые слова. Фурье анализ, вейвлет анализ, допплеровская рефлектометрия, плазма.

Структурная турбулентность является детерминированно-хаотическим состоянием и характеризуется существованием ансамблей стохастических структур (вихрей, солитонов, волновых пакетов) на фоне сильной плазменной турбулентности. Турбулентность характеризуется определенными параметрами: широкополосными Фурье-спектрами и вейвлет-спектрами с квазигармониками, автокорреляционными функциями с пульсирующими хвостами. Наиболее характерным признаком структурной турбулентности является однотипность вероятностных характеристик флуктуаций, а именно, отличие плотностей вероятности временных выборок флуктуаций от нормальных распределений с более тяжелыми хвостами и обостренной вершиной [1].

При изучении плазменной турбулентности предварительно предполагается, что исследуемый процесс носит случайный характер или состоит из детерминированного сигнала, погруженного в случайный шум. В этом случае методы спектрального оценивания (даже в случае традиционного Фурье-анализа) должны применяться с поправкой на предполагаемый случайный характер данного процесса.

Фурье-спектр может быть определен по двум алгоритмам – либо прямым методом периодограмм Блекмана-Тьюки [2]:

$$P(\omega) = \lim_{T\to\infty} E[\frac{1}{T}\left|\int_{-T/2}^{T/2} X(t)\exp(-i\omega t)dt\right|^2] \qquad (1)$$

либо косвенным методом – через автокорреляционную функцию. Как правило, при численном оценивании Фурье-спектра при помощи стандартных компью-

терных библиотек используется метод периодограмм (1). Оператор математического ожидания при таком способе обработки стохастических сигналов необходим, поскольку свойство эргодичности сигнала не связано с его спектром через преобразование Фурье, таким образом, предел из выражения (1) не существует без оператора математического ожидания в любом статистическом смысле [3].Для более точной оценки Фурье-спектров можно строить спектры по алгоритму Велча. Алгоритм Велча позволяет получать устойчивые спектры с лучшим отношением сигнала, чем обычный Фурье-анализ.

1. Вейвлет-анализ параметров флуктуаций краевой плазмы в стеллараторе Л-2М

В работе [4] отмечается, что базовым вейвлетом можно называть любую функцию $\psi(t)$, для которой справедливы условия:

$$\int_{t\in R} \psi^2(t)dt < \infty, \quad \left| \int_{\xi\in R} \left|\hat{\psi}(\xi)\right|^2 \xi^{-1} d\xi \right| < \infty \qquad (2)$$

Это выражение представляет собой условие существования интегралов, определяющих вейвлет-преобразование. В процессе вейвлет-анализа на языке MATLABстроятся скалограммы и спектры флуктуаций плотности плазмы. Для анализа сигналов используются вейвлеты типа «мексиканской шляпы», функции Морле и Хаара. С целью получения распределения энергии флуктуаций по масштабам и центрам временной локализации вейвлетов применяется встроенная процедура непрерывного вейвлет-преобразования.

2. Алгоритм обработки сигналов системы допплеровской рефлектометрии

1. Фильтрация временных выборок осуществляется с помощью высокочастотного фильтра Баттерворта второго порядка с заданной частотой среза порядка нескольких кГц. Гладкость частотных характеристик этого фильтра минимизирует искажения, связанные с фильтрацией сигнала, и обеспечивают в должной мере отсечку постоянной составляющей и помеховой низкочастотной составляющей частоты в спектре сигнала системы допплеровской рефлектометрии.

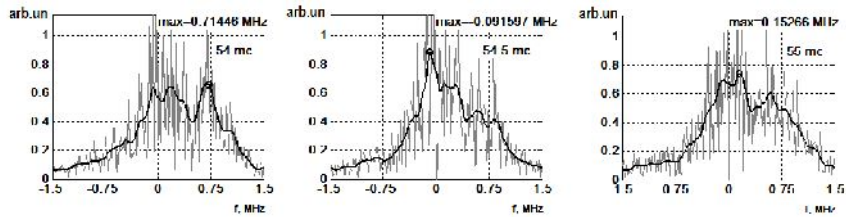


Рис.1. Пример амплитудного спектра Фурье-преобразования сигнала системы допплеровской рефлектометрии, разряд № 20605.

2. Вычисление спектров производилось с помощью быстрого преобразования Фурье по фиксированному (с возможностью изменения) временному окну, в данном случае 0,5 мс. Пример построенного спектра показан на рис.1.

Для минимизации высокочастотных шумов в спектрах на исходную выборку накладывались различные временные окна*W*. Применение различных оконных функции, позволило в дальнейшем, выделить более четко спектральные полосы в полном комплексном спектре сигнала.

3. Для нормализации спектров сигналов был введен специальный поправочный коэффициент. Он вычислялся как отношение среднеквадратичных от временных выборок плазменной флуктуации в период распада плазмы, который выбирался в соответствии с условиями экспериментов.

$$\begin{aligned} k &= \delta_{X^*} / \delta_{Y^*} \\ F_X &= FFT\left(X \cdot W\right) \\ F_Y &= FFT\left(Y \cdot W\right) \cdot k \end{aligned}, \quad (3)$$

где δ_{X^*} и δ_{Y^*} – соответственно среднеквадратические отклонения, вычисленные по временной выборке.

4. Для вычисления доплеровского сдвига частоты необходимо построить полный комплексный спектр от двух сигналов, который вычисляется по формуле:

$$F = \sqrt{\left(real\left(F_X\right) - imag\left(F_Y\right)^2 + \left(real\left(F_Y\right) + image\left(F_X\right)\right)^2\right)}, \quad (4)$$

где F_X и F_Yсоответственно спектры*X* и *Y* каналов системы допплеровской рефлектометрии.

5. Оценка полоидальной скорости вращения плазмы определялась по формуле:

$$v_\theta = \Delta f / \left(2k_\theta\right), \quad (5)$$

где Δf - доплеровский сдвиг; k_θ - полоидальная компонента волнового вектора зондирующей волны, определяемая из расчета путем усреднения вдоль лучевой траектории.

6. Для детального анализа полного комплексного спектра были разработаны дополнительные методы визуализации, включающие в себя построение 3D спектров (пример на рис.2).

Такой подход позволил обнаружить быстрые изменения в полуширине комплексного спектра и выделить направления сдвига отдельных частотных полос.

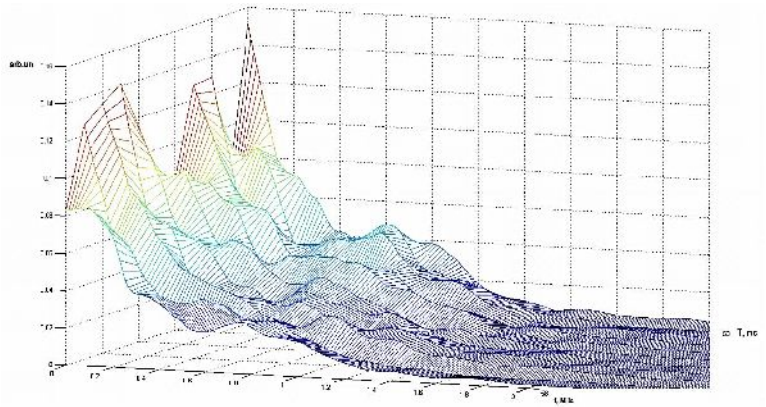


Рис.2 Пример 3D спектра сигнала системы допплеровской рефлектомтерии для разряда № 20605 с временным окном 0,5мс.

Библиографический список

1. А. К. Горшенин, В. Ю. Королев, Д. В. Малахов, Н. Н. Скворцова, Анализ тонкой стохастической структуры хаотических процессов с помощью ядерных оценок // –Матем. моделирование, 2011.т.23, №4, С.83–89.

2. Шахтарин Б. И., Ковригин В. А. Методы спектрального оценивания случайных процессов // М.: Гелиос АРВ, 2005. — 248 С.

3. Марпл С.Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения // –М.: Мир, 1990. –584 С.

4. Добеши И. Десять лекций по вейвлетам // – М.; Ижевск: РХД, 2004.– 463 С.

FOURIER AND WAVELET METHODS OF SIGNAL ANALYSIS FOR THE DOPPLER REFLECTOMETRY SYSTEM

© A.A. Kharchevskii, D.V.Malakhov, N.N.Skvortsova
[1]Prokhorov General Physics Institute RAS, Moscow, Russia
[2]Moscow Technological University, Moscow, Russia
[3]Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia
e-mail: 89168766306@mail.ru, 89199945791@mail.ru

Abstract. Fourier methods and wavelet analysis of microwave signals of the Doppler reflectometer system installed on the L-2M stellarator are considered. The methods for analyzing experimental signals are used for the theoretical justification of processes that structure plasma oscillations.

Keywords: Fourier analysis, wavelet analysis, Doppler reflectometry, plasma.

УДК 533.9, 537.86, 621.373.9

ДИНАМИКА СПЕКТРОВ ИМПУЛЬСОВ ВЫХОДНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПЛАЗМЕННОГО РЕЛЯТИВИСТСКОГО СВЧ-ГЕНЕРАТОРА

© С.Е. Андреев[1,2], И.Л. Богданкевич [1,2,3]
[1]Институт общей физики имени А.М. Прохорова РАН, Москва, Россия
[2]Московский технологический университет, Москва, Россия
[3]Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова, Москва, Россия
e-mail: funkmonk@rambler.ru

Аннотация. Плазменный релятивистский генератор (ПРГ) на ускорителе Sinus 550-80 обладает рядом уникальных свойств: работа в режиме генерации одиночного импульса или в частотно-периодическом режиме (до 50 импульсов в секунду); генерация импульсов СВЧ-излучения длительностью до 80 нс с частотами излучения от 2 до 25 ГГц; генерация как монохроматического излучения, так и излучения с многочисленными гармониками в спектре. Оперируя начальными параметрами, в частности плотностью плазмы, можно изменять режим работы ПРГ и посредством этого регулировать характеристики излучения: центральные частоты, ширину спектра и т. д. Однако в последнее время остро встал вопрос об явлении укорочения импульса и его влияния на спектры выходного излучения ПРГ. В данном докладе показаны динамические спектры и способы их получения, показывающие явление укорочении импульса.

Ключевые слова. Плазменный релятивистский СВЧ-генератор, СВЧ, спектр, вибраторная антенна, фильтр, плазма, релятивистский электронный пучок.

В последнее время большое внимание уделяется разработке и созданию мощных СВЧ-генераторов с широким диапазоном частот излучения. Одно из решений данной задачи – использование плазменных релятивистских источников СВЧ-излучения.

Согласно теории и экспериментальным исследованиям [1–3], плазменный релятивистский СВЧ-генератор обладает возможностью перестройки частоты СВЧ-излучения в широком диапазоне. В ранних теорети-

ческих работах не указывался характер спектра выходного сигнала ПРГ, однако в работе [4] экспериментально наблюдался дискретный спектр излучения плазменного СВЧ-генератора.

Регулировка частоты выходного сигнала ПРГ происходит за счет изменения плотности плазмы. В работе [5] удалось добиться перестройки частоты в 7 раз (от 4 до 28 ГГц) на уровне мощности около 50 МВт за промежуток времени 30 мкс благодаря изменению плотности плазмы. Однако в процессе работы (генерации) ПРГ происходят изменения параметров генерации и вследствие этого меняются характеристики его выходного СВЧ-излучения. Для более глубокого понимания физических процессов, протекающих в ПРГ во время генерации, и оценки возможности их использования, необходимо проанализировать влияние начальных параметров эксперимента на выходное излучение ПРГ. Для этого надо получить спектры выходного СВЧ-излучения, показывающие зависимость спектральной плотности не только от частоты, но и от времени.

1. Регистрация выходного излучения плазменного релятивистского СВЧ-генератора

Регистрация выходного излучения ПРГ производится широкополосной вибраторной антенной (описание схемы эксперимента приведено в [6]). Для измерений в двух диапазонах частот 1.5..5 ГГц и 5..25 ГГц, использовались вибраторные антенны различающиеся только геометрическими параметрами. Получаемый сигнал, после прохождения по коаксиальной линии передачи и ослабления аттенюаторами, регистрируется осциллографом Tektronix TDS-7404/Tektronix DPO-71604c и передается на ЭВМ для последующей обработки. Схема сбора данных приведена на рис. 1.

Рис.1. Схема сбора экспериментальных данных.

Характеристики осциллографов представлены в таб. 1.

Таблица 1. Характеристики осциллографов

	TDS 7404	DPO 71604c
Полоса, ГГц	4	16
Выборок, 10^{10}/с	2	5
Шаг дискретизации, пс	50	20
АЦП, бит	8	8

2. Получение динамических спектров

Для проведения анализа спектров выходного СВЧ-излучения необходимо получить динамические характеристики поведения спектра СВЧ-излучения, являющегося суперпозицией нескольких гармоник (от 1 до 10). Частотный интервал между соседними гармониками спектра СВЧ-излучения определяется скоростью электронов и длинной взаимодействия РЭП и плазмы. Данный частотный интервал в серии экспериментов составлял от 100 до 300 МГц. Ожидаемая длительность процессов в плазменном релятивистском генераторе (данный параметр определяет требуемое разрешение по времени) порядка 5 нс.

Для проведения такого анализа в среде программирования MATLAB 7.0 был реализован метод фильтрации сигнала.

Метод построен на использовании набора из фильтров с импульсными характеристиками представляющими из себя синусоиду с огибающей в виде функции *sinc* :

$$h_n(f,t) = |sinc(10^8 t)| \sin(2\pi f t) \quad (1)$$

где f – центральная частота фильтра (частота сканирования), t – время.

Далее данная импульсная характеристика (1) (с разными частотами сканирования) сворачивается с сигналом.

$$W(f,t) = x(t) * h(f,t) \quad (2)$$

где *x(t)* – СВЧ-импульс.

Используемый фильтр хорошо локализован в частотной области, поэтому подобное преобразование позволяет получить хорошее разрешение по частоте. Постоянное значение полосы пропускания во всем диапазоне частот, также как и в оконном преобразовании Фурье, сохраняет разрешающую способность по частоте во всем диапазоне частот. При вейвлет преобразовании разрешающая способность зависит от масштаба. Кроме того, в отличие от оконного преобразования Фурье, этот метод позволяет выделить наиболее стабильные частоты, время изменения амплитуды которых превышает ширину главного лепестка. Поэтому была выбрана фильтрация сигнала, а не вейвлет преобразование.

3. Результаты обработки

Результаты обработки представлены на рис. 2.

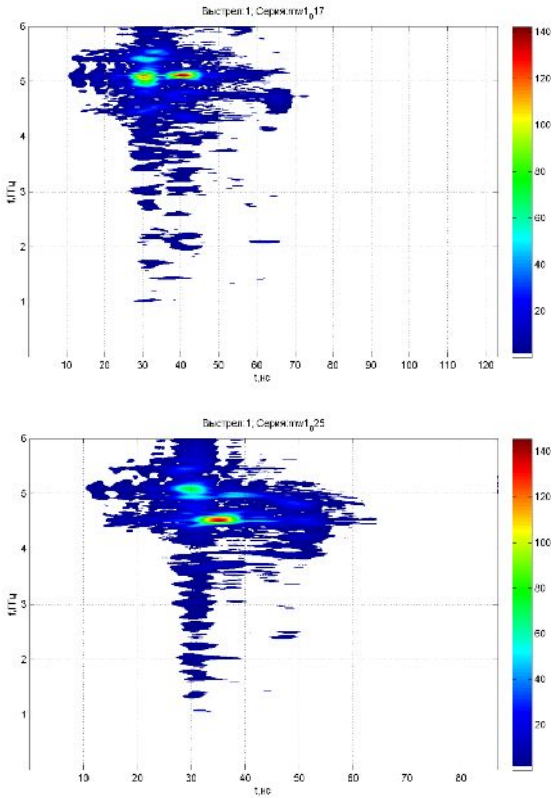


Рис. 2. Результаты обработки.

Как видно из рис. 2 на динамическом спектре наблюдается укорочение импульса СВЧ-излучения. Данный эффект проявляется в резком снижении мощности СВЧ-излучения, излучаемом ПРГ в открытое пространство. Появление этого эффекта связано с изменением параметров плазмы и релятивистского электронного пучка в течении работы ПРГ. В частности работают механизмы «захвата» электронов и миграции ионов под действием создаваемого ПРГ электрического поля. Все эти факторы влияют на параметры черенковского взаимодействия электронного пучка с плазмой и укорачивают импульс выходного СВЧ-излучения.

Библиографический список

1. Кузелев М. В., Рухадзе А. А., Стрелков П. С., Шкварунец А. Г. Ре-

лятивистская сильноточная плазменная СВЧ-электроника: преимущества, достижения, перспективы // Физика плазмы, 1987. Т. 13. № 11. С. 1370–1382.

2. Кузелев М. В., Рухадзе А. А., Стрелков П. С. Плазменная релятивистская СВЧ- электроника // Под ред. А. А. Рухадзе. – М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. 543 с.

3. Кузелев М. В., Лоза О. Т. , Рухадзе А. А., Стрелков П. С., Шкварунец А. Г. Плазменная релятивистская СВЧ-электроника // Физика плазмы, 2001. Т. 27. № 8. С. 710–733.

4. Богданкевич И. Л., Иванов И. Е., Лоза О. Т., Рухадзе А. А., Стрелков П. С., Тараканов В. П., Ульянов Д. К. Тонкая структура спектров излучения плазменного релятивистского СВЧ-генератора // Физика плазмы, 2002. Т. 28. № 8. С. 748–757.

5. Ульянов Д. К. Спектры плазменного релятивистского СВЧ-генератора: Дисс. … канд. физ.-мат. наук. – М.: ИОФ РАН, 2000.

6. Андреев С. Е., Ульянов Д. К. Метод управления спектром плазменного релятивистского СВЧ-генератора в частотно-периодическом режиме. //Прикладная радиофизика, 2014, №4 с.26-30.

DYNAMICS OF SPECTRA OF PULSES OF OUTPUT RADIATION OF A RELATIVISTIC PLASMA MICROWAVE GENERATOR

© S. E. Andreev [1,2], I. L. Bogdankevich [1,2,3]
[1]Prokhorov General Physics Institute RAS, Moscow, Russia
[2]Moscow Technological University, Moscow, Russia
[3]Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

Abstract. Relativistic plasma generator (RPG) on the accelerator Sinus 550-80 has a number of unique properties: operation of generating a single pulse or in the frequency-periodic mode (up to 50 pulses per second); the generation of pulses of radiation of duration 80 ns with a frequency radiation from 2 to 25 GHz; generation as monochromatic radiation and radiation with numerous harmonics in the spectrum. In terms of the initial parameters, in particular density plasma, it is possible to change the mode of work of the RPG and thereby adjusting the radiation characteristics: central frequency, spectrum width, etc. However, there was a question about the phenomenon of shortening of the pulse and its influence on the spectra of the output radiation of the RPG. This report shows dynamic spectra and methods for their preparation, showing the phenomenon of the shortening of the pulse.

Keywords: plasma relativist microwave generator, microwave, spectrum, dipole antenna, filters, plasma, relativist electron beam.

УДК: 533.9; 537.86; 621.396.673; 621.376.3

ЧАСТОТНО-МОДУЛИРОВАННЫЙ СИГНАЛ, ИЗЛУЧАЕМЫЙ ПЛАЗМЕННОЙ НЕСИММЕТРИЧНОЙ ВИБРАТОРНОЙ АНТЕННОЙ

© Богачев Н.Н.[1,2,4], Андреев С.Е. [1,2], Дёмин В.А. [1], Гусейн-заде Н.Г. [1,2,4], Кириллов А.В. [1], Калинин О.Н.[3], Филиппов А.Н. [3]
[1]Институт общей физики имени А.М. Прохорова РАН, Москва, Россия
[2]Московский технологический университет, Москва, Россия
[3]ООО "Кейсайт Текнолоджиз", Москва, Россия
[4]Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова, Москва, Россия
e-mail: bgniknik@yandex.ru

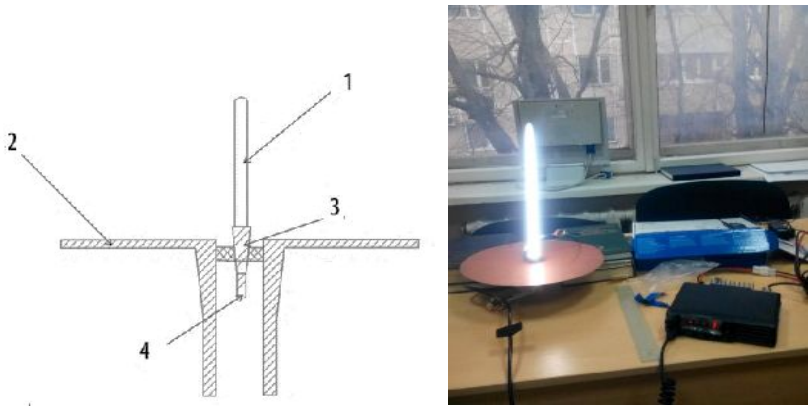
Аннотация. В работе представлены результаты экспериментальных измерений спектров частотно-модулированного сигнала, излучаемого плазменной несимметричной вибраторной антенной и аналогичной металлической антенной. Измерения проводились с использованием анализатора сигналов (спектра) Keysight PXA N9030B. В рамках проведённого исследования было показано, что модулированный сигнал, излучаемый плазменной антенной, не уступает по качеству сигналу от металлической антенны. Мощность нелинейных комбинационных частот в спектре ЧМ-сигнала ПНВА заметно ниже, чем в спектре сигнала, излучаемого МНВА. В спектре детектированного сигнала видно снижение мощности на второй гармонике частоты модулирующего колебания для сигнала от плазменной антенны в сравнении с сигналом от металлической антенны.

Ключевые слова. Плазменная антенна, несимметричный вибратор, ЧМ сигнал, спектр сигнала, анализатор спектра.

Плазменные антенны – класс антенн, в котором в качестве волноведущих, излучающих и управляющих элементов используется плазма [1-9]. Исследование плазменных антенн направлены на решение задач современной радиотехники, таких как: создание интеллектуальных антенн с безынерционным управлением характеристиками; снижение радиолокационной заметности антенных устройств объектов вооружения и военной техники; повышение защищенности радиотехнических систем от воздействий средств радиоэлектронной борьбы и поражения атмосферными электрическими разрядами.

В развитии плазменных технологий в антенной технике можно выделить несколько направлений. Самое обширное и перспективное направ-

ление – плазменные антенны из газоразрядных трубок. Оно включает в себя работы над различными типами антенн. В данной работе исследуется плазменная несимметричная вибраторная антенна (ПНВА) (рис.1). Такая антенна представляет собой аналог металлической несимметричной вибраторной антенны (МНВА), и состоит из штыря, соединённого с центральным проводником коаксиального кабеля, и проводящего диска, соединённого с внешним проводником коаксиально кабеля. В случае плазменной антенны металлический штырь заменён на газоразрядную трубку с плазмой. Оптимальной длиной штыря считается $l_a=\lambda/4$.



а) *б)*

Рис. 1. Плазменная несимметричная вибраторная антенна (ПНВА) а) – схема ПНВА, б) – фотография ПНВА с ВЧ передатчиком.
1 – диэлектрическая трубка с плазмой, 2 – металлический экран, 3 – коаксиальный соединитель, 4 – коаксиальный кабель.

1. Постановка задачи

Несмотря на то, что ПНВА исследуется с 1999 года [1-6], ещё остаётся ряд актуальных вопросов: определение оптимального режима работы, исследование шумов и нелинейных искажений излучаемого сигнала ПНВА. Под оптимальным режимом работы понимается режим, в котором электрические характеристики плазменной антенны и излучаемого сигнала близки к характеристикам для аналогичной металлической антенны.

Ранее было исследованы спектры немодулированного сигнала, который излучался плазменной несимметричной вибраторной антенной [9,10]. В реузльтате было обнаружено усиление плазменной антенной кратных (второй, третьей и четвёртой гармоник) частоты f_0=446 МГц входного немодулированного сигнала.

В представленной работе исследовалось излучение частотного модулированного сигнала (ЧМ-сигнала) излучаемого плазменной несимметричной вибраторной антенны. Для сравнения были проведены измерения для аналогичной металлической антенны. Выбор частотно модулированного сигнала обусловлен тем, что этот тип сигнала один из самых удобных и используемых в радиотехнических системах.

2. Стенд для исследования спектра сигнала

На рис. 2 представлена схема стенда для исследования спектра ЧМ сигнала, излучаемого антенной. В качестве источника модулирующего колебания был выбран мобильный телефон *1* с ОС Android 5.1 и установленной программой Sound Generator V. 2.8. Программа позволяла создавать с помощью динамика мобильного телефона звуковые колебания с заданной частотой F=5 кГц. Получаемые звуковые колебания поступали на микрофон радиостанции *2* Vertex VX-2100, в которой происходила модуляция несущего колебания на частоте f_0=446 МГц. От радиостанции *2* сигнал поступал на исследуемую плазменную или металлическую несимметричную вибраторную антенну *3*, установленную в держателе *4*. Исследуемая антенна *3* излучала модулированный сигнал, который принимал измерительной антенной *5* на расстоянии 3 м. С приёмной измерительной антенны сигнал через аттенюатор *6* поступал в анализатор спектра Keysight PXA N9030B с диапазоном измерений от 4 Гц до 26,5 ГГц. Измерения спектров частотно-модулированного сигнала, излучаемого ПНВА и МНВА было проведено с использованием встроенного измерительного приложения анализатора N9030B для исследования сигнала с аналоговой модуляцией и возможностью демодуляции и выделения модулирующего сигнала.

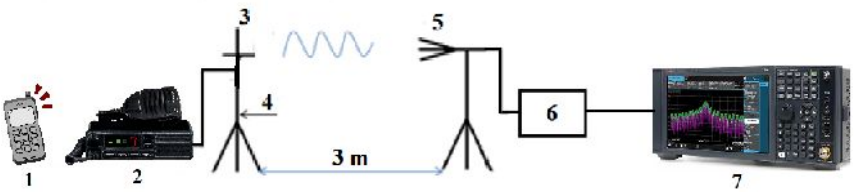


Рис. 2. Схема измерительного стенда для исследования сигнала излучаемого ПНВА и МНВА: 1 – мобильный телефон с динамиком и программой Sound Generator V. 2.8, 2 – связная радиостанция Vertex VX-2100 с микрофоном, 3 – исследуемая антенна (ПНВА или МНВА), 4 – держатель для антенны, 5 – измерительная антенна, 6 – аттенюатор 20 дБ, 7 – анализатор сигналов (спектра) Keysight PXA N9030B.

3. Результаты измерений спектров ЧМ сигнала

На рис. 3 представлены спектры мощности сигнала, излученного МНВА

и ПНВА. Данные спектры измерены вблизи несущей частоты f_0=460 МГц в полосе шириной 50 кГц. В представленных на рис. 3 спектрах видно компоненту на частоте несущего колебания f_0. И компоненты на частотах $f_0 \pm F$ с отстройкой 5 кГц. Кроме того, видны компоненты на частотах $f_0 \pm 2F$, $f_0 \pm 3F$ и т.д. Следует отметить, что мощность на частоте несущего колебания для сигнала, излучаемого ПНВА на 12,2 дБ меньше, чем мощность сигнала, излучаемого МНВА. Разница мощности сигналов излучаемых ПНВА и МНВА на комбинационных частотах $f_0 \pm F$ составляет 12,21 дБ. Отсюда следует вывод, что соотношение мощности информационного сигнала на частотах $f_0 \pm F$ и мощности сигнала на несущей частоте f_0 одинаковы для случая ПНВА и МНВА. На частотах $f_0 \pm 2F$ мощность равна 22 дБм. При этом соотношение мощности информационного сигнала на частотах $f_0 \pm F$ и мощности нелинейных компонентов на комбинационных частотах $f_0 \pm 2F$ и $f_0 \pm 3F$ лучше для сигнала, излучаемого ПНВА. В излучаемом сигнале ПНВА не обнаружено усиление кратных (2, 3 и т.д.) гармоник комбинационных частот. Подробные численные данные представлены в таблице 1.

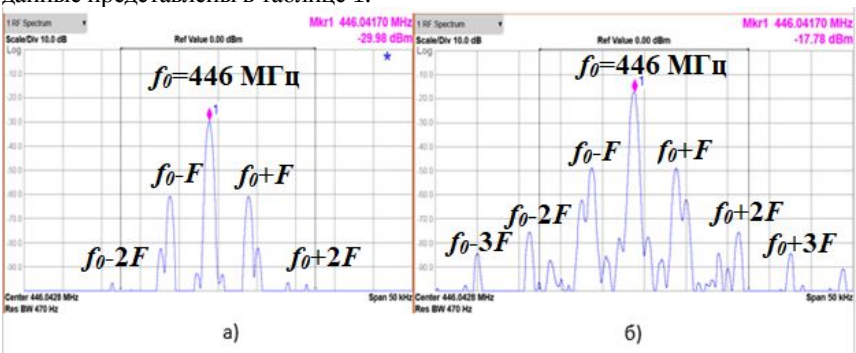


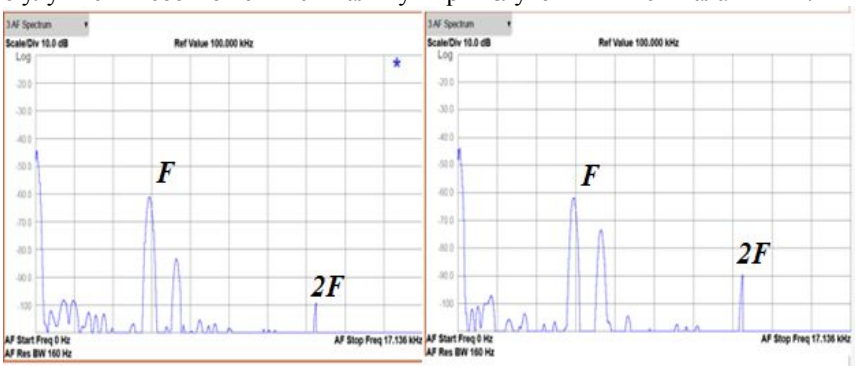
Рис. 3. – Спектр мощности ЧМ-сигнала, излучаемого а) ПНВА и б) МНВА.

Таблица 1. - Численные данные мощности ЧМ-сигнала, излученного ПНВА и МНВА.

Антенна	Мощность P на f_0, дБм	Мощность P на $f_0 \pm F$, дБм	Мощность P на $f_0 \pm 2F$, дБм	Мощность P на $f_0 \pm 3F$, дБм
ПНВА	-29,98	-60,82	-97,23	≤-100
МНВА	-17,78	-48,61	-76,50	-84,68
Различие между ПНВА и МНВА	-12,2	-12,21	-20,73	≥ -15,32

С помощью программного обеспечения анализатора сигналов РХА

N9030B для детектирования сигнала были исследованы спектры мощности низкочастотного модулирующего колебания (рис. 4). Из представленных на рисунке спектров видно, что на частоте модулирующего колебания 5 кГц мощность детектированного сигнала для ПНВА и МНВА одинакова и составляет -62,14 дБм. Компонента на второй гармонике модулирующего колебания у сигнала от плазменной несимметричной вибраторной антенны на 8,35 дБм меньше чем для случая металлической антенны, что косвенно свидетельствует о улучшении соотношения сигнал-шум при излучении ЧМ-сигнала ПНВА.



а) *б)*

Рис. 4. Спектр мощности низкочастотного модулирующего колебания, излученного а) ПНВА и б) МНВА.

В рамках проведённого исследования излучения ЧМ-сигнала плазменной и металлической несимметричными вибраторными антеннами было показано, что модулированный сигнал, излучаемый плазменной антенной, не уступает по качеству сигналу от металлической антенны. Мощность нелинейных комбинационных частот в спектре ЧМ-сигнала ПНВА заметно ниже, чем в спектре сигнала, излучаемого МНВА. В спектре детектированного сигнала видно снижение мощности на второй гармонике частоты модулирующего колебания для сигнала от плазменной антенны в сравнении с сигналом от металлической антенны.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-08-00859 а.

Библиографический список

1. G. G. Borg, J. H. Harris, et. al.// Applied physics letters 74 (1999) 3272.

2. Rayner J. P., Whichello A. P., Cheetham A. D. // IEEE Trans. on plasma science 32 (2004) 269.

3. Alexeff I., Anderson T., et. al. // IEEE Trans. on plasma science 34 (2006) 166.

4. E. N. Istomin, D. M. Karfidov, et. al., Plasma Phys. Rep. 32 (2006) 388.

5. Lv J. W. Song Li Y., Li Chen Z. //WSEAS Transactions on Communications 10 (2011) 323.

6. Kiss'ovski Z., Vachkov V. //IJEAT 5 (2016) 330.

7. N. N. Bogachev, I. L. Bogdanevich, et al., Plasma Physics Reports 41 (2015) 792.

8. B. A. Belyaev, A. A. Leksikov, et. al., IEEE Trans. on Plasma Science 42 (2014) 1552.

9. N. N. Bogachev, I. L. Bogdanevich, and N. G. Gusein-zade, 10th EuCAP (2016) doi: 10.1109/EuCAP.2016.7481512

10. Богачев Н.Н., Гусейн-заде Н.Г., Нефёдов В.И. Диаграмма направленности и спектр излучения плазменной несимметричной вибраторной антенны// Сборник тезисов докладов X конференции «Современные средства диагностики плазмы и их применение, 14-16 ноября 2016, г. Москва, С. 25-28.

FREQUENCY-MODULATED SIGNAL RADIATED BY PLASMA ASYMMETRICAL DIPOLE ANTENNA

© Bogachev N.N.[1, 2, 4], Andreev S.E.[1,2], Demin V.A.[1], Gusein-zade N.G. [1,2,4], Kirillov A.V. [1], Kalinin O.N.[3], Filippov A.N.[3]

[1]Prokhorov General Physics Institute RAS, Moscow, Russia

[2]Moscow Technological University, Moscow, Russia

[3]Keysight Technologies, Moscow, Russia

[4]Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

e-mail: bgniknik@yandex.ru

Abstract. The paper presents the results of experimental measurements of the frequency-modulated signal spectra emitted by a plasma asymmetric dipole antenna (PADA) and a similar metal antenna (MADA). The measurements were carried out using the Keysight PXA N9030B signal (spectrum) analyzer. As part of the study, it was shown that the modulated signal radiated by the plasma antenna is not inferior in quality to the signal from the metal antenna. The power of the nonlinear combinational frequencies in the FM signal spectrum of the PADA is noticeably lower than in the spectrum of the signal radiated by the MADA. The spectrum of the detected signal shows a decrease in power at the second harmonic of the modulating wave frequency for the signal from the plasma antenna in comparison with the signal from the metal antenna.

Key words. Plasma antenna, unbalanced vibrator, FM signal, the spectrum of the signal, spectrum analyzer.

УДК 533.9.082.74

КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ И СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СИГНАЛОВ МАГНИТНЫХ ФЛУКТУАЦИЙ НА СТЕЛЛАРАТОРЕ Л-2М

© Е.В. Воронова[1,2], В.С. Раковский[1], Н.Н. Скворцова[1,2], Д.В. Малахов[1,2,3], Ю.В. Хольнов[2]

[1]Московский технологический университет, Москва, Россия
[2]Институт общей физики имени А.М. Прохорова РАН, Москва, Россия
[3]Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова, Москва, Россия
e-mail: woronowa.elena@gmail.com

Аннотация. Произведен корреляционный и спектральный анализ сигналов флуктуаций магнитного поля, зарегистрированных в стелларатореЛ-2М в режимах с повышенным энерговкладом с помощью системы магнитных зондов.

Ключевые слова: корреляционный анализ, спектральный анализ, эргодичность, магнитные зонды, плазма.

Низкочастотная плазменная (НЧ) турбулентность активно исследуется на всех установках магнитного удержания плазмы из-за её взаимосвязи с макро-характеристиками плазмы (плотность, температура ионов и электронов и др.) в замкнутых магнитных ловушках (токамаках и стеллараторах). Например, турбулентность определяет аномальный перенос на краю плазмы, изменение её параметров происходит согласованно с регистрацией в плазме внутренних и периферийных транспортных барьеров, а статистические параметры турбулентного краевого потока являются индикатором качества стенки камеры. Кроме того, НЧ турбулентность используется для оценки частоты появления редких событий «катастрофического типа» (срывов разряда) в установках с разрядами большой длительности или стационарным разрядом [1, 2].

Установка Л-2М (ИОФ РАН) – классический двухзаходный стелларатор с плоской геометрической осью и числом периодов винтового поля $N = 14$. Радиус большой оси тора составляет $R_0 = 100$ см, малый радиус $r = 15$ см. Регистрация флуктуаций магнитного поля производится с помощью системы магнитных зондов, располагаемых в диагностических сечениях вдоль тороидального и полоидального обхода установки. Максимальное доступное число каналов – 9, частота оцифровки $f_d = 1$ МГц.

Ввод в строй на стелларатореЛ-2М гиротронного комплекса МИГ-3 [1], позволившего достигать больших мощностей ЭЦР-нагрева плазмы (до 3 МВт/м^3). Кроме того появилась возможность работы гиро-

трона в импульсно-периодическом режиме, с разбиением одного 10 мс импульса СВЧ на три цуга длительностью 3 мс и исследовать быстроразвивающиеся процессы, что повлекло за собой необходимость обновления алгоритмов обработки экспериментальных данных, в том числе и регистрирующих сигналы НТ турбулентности, зарегистрированных с помощью различных диагностических систем [3].

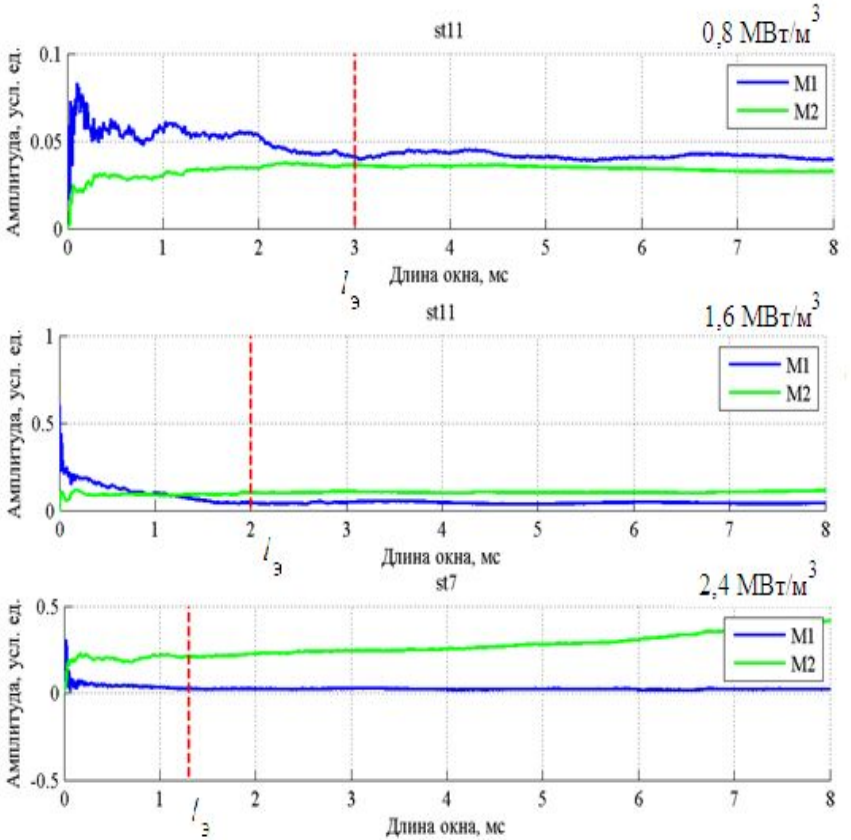


Рис. 1. Определение длины эргодичности сигнала (красная линия) в режимах с разной мощностью нагрева плазмы.

Данная работа посвящена определению вероятностных, корреляционных и спектральных характеристик флуктуаций магнитного поля в плазме при разных значениях мощности ЭЦР нагрева. Флуктуации маг-

нитного поля являются отражением НЧ плазменных неустойчивостей, изучение которых необходимо вследствие их влияния на время удержания плазмы в стеллараторе. Для этого была решена задача по созданию программного обеспечения в среде МАТЛАБ, которая позволяет определять характеристики всей системы флуктуаций, измеряемые одновременно 6 магнитными зондами, расположенными в разных полоидальных и тороидальных сечениях плазменного шнура. При помощи созданного ПО был проведен анализ флуктуаций при разных величинах удельной мощности ЭЦР нагрева плазмы: 0,8 МВт/м^3, 1,6 МВт/м^3, 2,4 МВт/м^3.

Произведённый анализ эргодичности сигналов магнитных зондов по первым двум моментам (математическому ожиданию, $M1 = m_x^n = \frac{\sum_i^n x_i}{n}$ и дисперсии $M2 = D_x^n = \frac{\sum_i^n (x_i - m_x^n)^2}{n}$), показал, что увеличение энерговклада приводит к уменьшению интервала эргодичности $l_э$ от ~3 мс при 0,8 МВт/м^3 до ~1,3 мс при 2,4 МВт/м^3 (рис. 1) и выявил необходимость обязательного установления интервала эргодичности при вероятностном анализе сигналов стелларатора Л-2М.

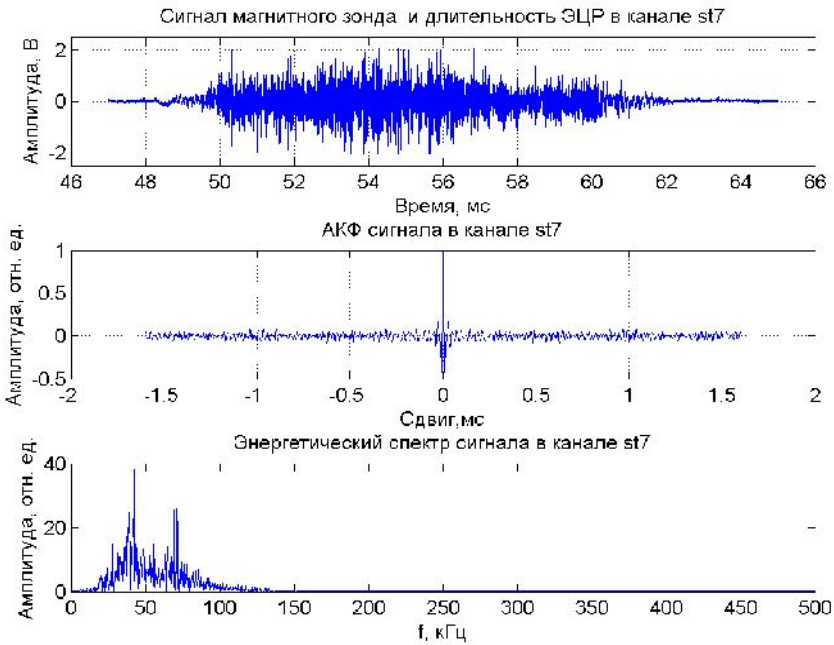


Рис. 2. Результаты обработки сигнала одного из магнитных зондов в импульсе #19089 (мощность нагрева 600 кВт).

Корреляционный анализ сигналов магнитных зондов (рис. 2), произведённый с учётом эргодичности сигнала выявил наличие в сигнале смеси периодической (наводки) и случайной компонент и возможность выделять сильно зашумлённые сигналы (уровень шумовой компоненты >20%), а также отсутствие в новом режиме раскачки осцилляций, распространяющихся по большому обходу камеры стелларатора.

Спектральный анализ сигналов магнитных зондов (рис. 2) выявил наличие области, в которой сосредоточена основная энергия осцилляций.

Работа выполнена при частичной поддержке гранта президента РФ для молодых ученых № МК-5298.2016.8

Библиографический список

1. G. M. Batanov et al. A New MIG-3 Gyrotron Complex for Creation and Heating of Plasma in the L2M Stellarator and the First Experimental Results. Plasma Physics Reports, 2013, Vol. 39, No. 13, pp. 1088–1095.

2. Nikolay K. Kharchev et al. Optimization of operation of a three-electrode gyrotron with the use of a flow-type calorimeter. Rev. Sci. Instrum. 84, 013507 (2013); doi: 10.1063/1.4773544.

3. A.A. Kharchevsky, N.N. Bogachev, D.V. Malakhov et al. Features of Constructing the Diagnostics of Doppler Reflectometry on the L-2M Stellarator for Operation in Conditions of High ECR Heating Power. Journal of Physics: Conference Series: XLV Zvenigorod (International) Conference on Plasma Physics and Controlled Fusion, 2017 (in print).

4. Айфичер Э., Джервис Б. Цифровая обработка сигналов: Практический подход. – М., Вильямс, 2017.

CORRELATION AND SPECTRAL ANALYSIS OF MAGNETIC FLUCTUATION SIGANSL ON L-2M STELLARATOR

© E.V. Voronova[1,2], V.S. Rakovsky[1], N.N. Skvortsova[1,2], D.V. Malakhov[1,2,3], Yu.V. Kholnov[2]
[1]Moscow Technological University, Moscow, Russia
[2]Prokhorov General Physics Institute RAS, Moscow, Russia
[3]Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia
e-mail: woronowa.elena@gmail.com

Abstract. Correlation and spectral analysis was performed of magnetic fluctuations signals recorded o L-2M stellarator in regimes with increased energy deposition into the plasma using the system of magnetic probes.

Keywords: correlation analysis, spectral analysis, ergodicity, magnetic probes, plasma.

УДК 533.951.8

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ СВЧ ПУЧКА РЕЛЯТИВИСТСКОГО ПЛАЗМЕННОГО СВЧ УСИЛИТЕЛЯ

© И.С. Алексеев[1], И.Е.Иванов[2], П.С. Стрелков[2], В.П. Тараканов[3], Д.К. Ульянов[2]
[1]Московский технологический университет, Москва, Россия
[2]Институт общей физики им. А.М Прохорова РАН, Москва, Россия
[3]Объединенный институт высоких температур РАН Москва, Россия
e-mail: dox@fpl.gpi.ru

Аннотация. Для визуализации поперечной структуры мощного СВЧ-пучка, используется метод, основанный на регистрации свечения в воздухе диэлектрического экрана с нанесенным на него слоем металлических микрочастиц. Результаты этих исследований, в отличие от известных, позволяют качественно судить не только о величине напряженности электрического поля в данной точке сечения СВЧ-пучка, но и о направлении силовых линий электрического поля. Интерпретация экспериментальных результатов подтверждается данными численного моделирования распределения силовых линий в СВЧ-пучке, полученными при помощи электродинамического кода КАРАТ.

Ключевые слова. Плазменная СВЧ-электроника, СВЧ, СВЧ-пучок, силовые линии поля, код КАРАТ.

В экспериментах по СВЧ-электронике важную роль играет измерение параметров СВЧ-излучения на выходе из устройства. В лаборатории плазменной электроники ИОФ РАН проводится работа по созданию мощных СВЧ источников на основе взаимодействия сильноточных релятивистских пучков электронов и плазмы. Изменение плотности плазмы позволяет управлять частотой СВЧ-генератора [1]. Классические способы измерения мощности и параметров электромагнитного поля при помощи антенны весьма трудоёмки и в импульсном режиме работы устройства весьма требовательны к стабильности выходного сигнала. Поэтому в течение длительного времени разрабатываются методы визуализации, позволяющие получить информацию об СВЧ-излучении во всем сечении его пучка.

Предложенный метод визуализации напряжённости электрического поля позволяет определить распределение плотности мощности пучка СВЧ- излучения на выходе релятивистского СВЧ-усилителя, а также оценить структуру электрического поля в этом пучке. Для регистрации использовался диэлектрический экран с нанесенным на него слоем металли-

ческих опилок. Под действием электромагнитного поля между остриями опилок возникали электрические разряды. Свечение в оптическом диапазоне через систему зеркала фиксировалась фотоаппаратом. Схема эксперимента показана на рис. 1.

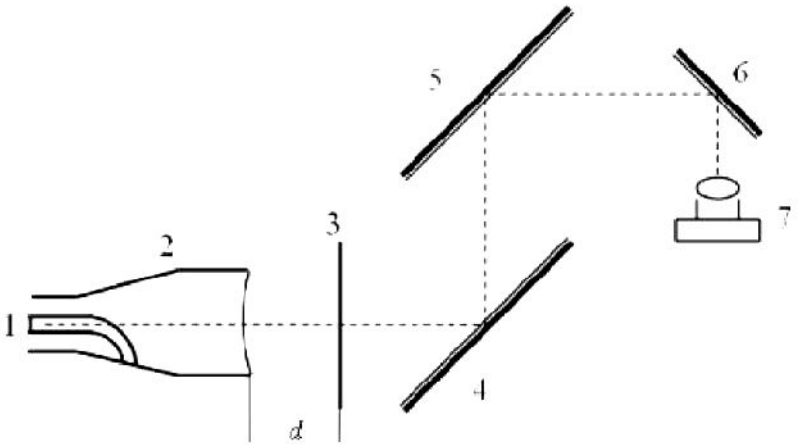


Рис.1. Схема регистрации свечения экрана: 1 – коллектор токов релятивистского электронного пучка и плазмы; 2 – излучающее устройство плазменной СВЧ установки, 3 – экран, 4, 3. б - зеркала, 7 – фотоаппарат.

На полученных изображениях пробои образовывали повторявшиеся от выстрела к выстрелу структуры из светящихся нитей (рис.2).

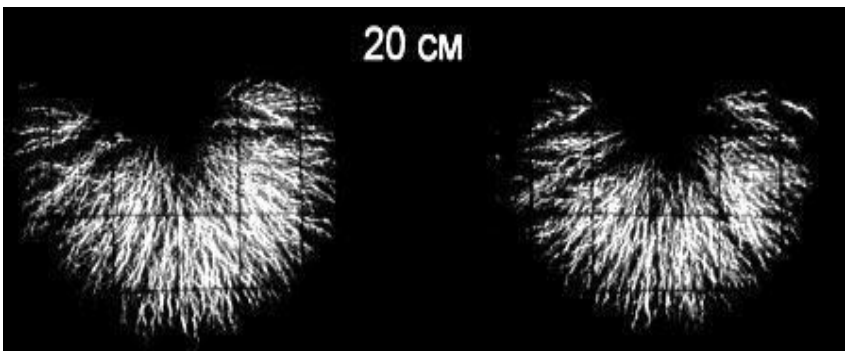


Рис.2. Повторяемость структуры светящихся нитей.

Это привело к выводу, что картина свечения определяется структу-

рой электрического поля в пучке СВЧ-излучения. Используемый метод для визуализации мощного СВЧ излучения был применен для условий эксперимента [1]: диапазон частот – 2..4 ГТц; плотность энергии ~ 2 Дж/м3 и длительность импульса более 5 нс.

Компьютерное моделирование, выполненное с помощью электродинамического кода «КАРАТ» [2], показало, что направление светящихся нитей соответствует направлению силовых линий СВЧ поля выходного импульса излучения.

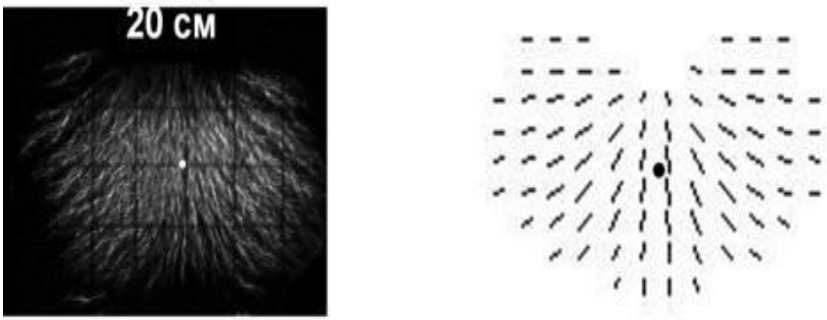


Рис.3. Сравнение картины пробоя с векторами электрического поля, полученными в компьютерном моделировании.

Модовый состав выходного излучения стабилен от выстрела к выстрелу и не зависит от энергии в импульсе. Небольшие различия в моде происходят с изменением частоты излучения.

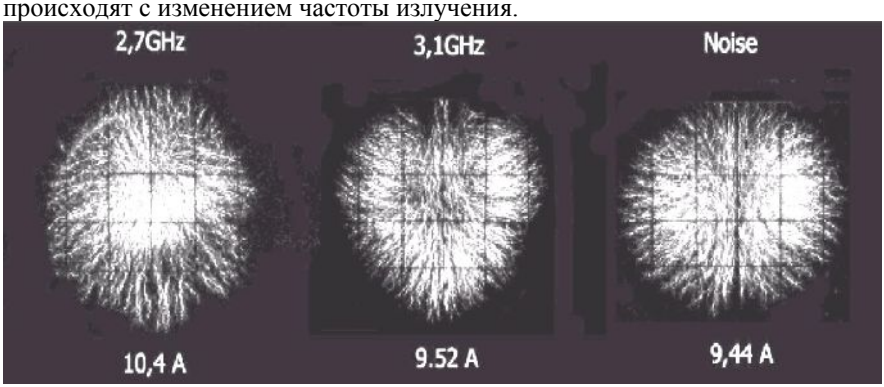


Рис 4. Фотографии экрана для шумового и монохроматических сигналов на расстоянии 5 см от рупора, сделанные при приблизительно равных энергиях)

В процессе экспериментов было выяснено, что порог по обнаружению свечения экрана зависит в большой степени от условий и требует дополнительных исследований. Возможно конструирование фокусирующих систем под конкретную моду выходного излучения.

Библиографический список

1. Стрелков П.С., Иванов И.Е., Шумейко Д.В.// Физика плазмы, 2012, Т. 33, № 5, с. 536 -543.

2. Тараканов В.П., «Электродинамический код КАРАТ» в книге «Математическое моделирование. Проблемы и результаты» М: Наука, 2003.

VISUALIZATION OF THE STRUCTURE OF THE MICROWAVE BEAM OF A RELATIVISTIC PLASMA MICROWAVE AMPLIFIER

© I.S. Alekseev[1], I.E. Ivanov[2], P.S. Strelkov[2], V.P. Tarakanov[3], D.K. Ulyanov[2]
[1]Moscow University of Technology, Moscow, Russia
[2]Prokhorov General Physics Institute of RAS, Moscow, Russia
[3]Joint Institute for High Temperatures of RAS, Moscow, Russia
e-mail: dox@fpl.gpi.ru

Annotation. To visualize the transverse structure of a powerful microwave beam, a method based on recording the glow in the air of a dielectric screen with a layer of metallic microparticles deposited on it is used. The results of these studies, in contrast to the known ones, make it possible to judge qualitatively not only the magnitude of the electric field intensity at a given point in the cross section of the microwave beam, but also the direction of the electric field lines. Interpretation of the experimental results is confirmed by numerical modeling of the distribution of the lines of force in the microwave beam obtained with the help of the electrodynamic KARAT code.

Keywords. Plasma microwave electronics, microwave, microwave beams, field lines of force, KARAT code.

УДК 53.087.47

ИЗМЕРЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОТНОСТИ МОЩНОСТИ СВЧ-ИЗЛУЧЕНИЯ СУБГИГАВАТТНЫХ МОЩНОСТЕЙ

© Д.В. Шумейко
Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН, Москва, Россия
e-mail: shumeyko@fpl.gpi.ru

Аннотация. Показана применимость нового экспериментального метода диагностики пространственного распределения плотности мощности СВЧ-излучения наносекундной длительности и субгигаватной мощности на плазменном релятивистском СВЧ-генераторе и усилителе.

Ключевые слова. Мощное СВЧ-излучение, плазма, релятивистский электронный пучок, СВЧ-генератор, СВЧ-усилитель, измерение импульсной мощности.

При исследовании или настройке импульсных СВЧ-источников высокой мощности как например в [1] часто возникает необходимость в определении пространственного энергетического профиля пучка излучения. В таких источниках плотность мощности достаточно велика и применение стандартных диодных полупроводниковых детекторов достаточно затруднено в силу необходимости многократного (до десяти порядков) ослабления излучения перед направлением на детекторный диод. При этом если единичный такой измеритель создать вполне реально, то для реализации измерения в пространственном множестве точек такой подход является либо очень затратным, либо невыполнимым вообще. Для монохроматических источников возможно достаточно точное численное моделирование структуры поля, которое можно подтвердить или скорректировать по нескольким точкам, чего практически невозможно сделать для широкополосного излучения или при наличии в системе сложного СВЧ-тракта, а также антенны нестандартной геометрии. Альтернативным методом измерения с единичным точечным детектором может служить измерение по точкам с использованием одного приспособленного детектора, но такой метод применим только в случае высокой повторяемости параметров излучения от импульса к импульсу. Применение болометрических методов сопряжено с анало-

гичными сложностями. Поэтому становится необходимым создание другого метода с использованием для регистрации излучения протяженного рабочего тела, которое с одной стороны вносит минимальное возмущение в структуру поля и с другой стороны не повреждается от столь высоких энергий, в свою очередь оно должно производить преобразование энергии поля в другую, поддающуюся измерению физическую величину. Такой подход позволяет произвести измерение, не в одной отдельно выделенной точке, а в определенной области пространства и получить необходимую информацию о пространственном распределении энергии импульсного СВЧ-поля в отдельно взятом импульсе. Примером таких методов могут служить газонаполненные трубки с низким давлением или металлические опилки на полотне. Но оба метода являются пороговыми и не дают необходимой полноты информации о параметрах исследуемого поля. Существуют некоторые специфические методы измерения, как например описанный в [2], но их реализация для использования в процессе основного эксперимента с СВЧ источником затруднительна.

Одним из применений описываемого метода является измерение пространственного распределения плотности мощности на апертуре выходного рупора плазменного релятивистского СВЧ-усилителя и генератора. Условия измерения усугубляются наличием мощных помех, создаваемых высоковольтными и сильноточными источниками, входящими в состав экспериментальной установки. Применение статической экранировки не дает сколь значительных результатов в силу очень широкого спектра имеющихся помех.

Для измерения параметров поля в таких условиях создан метод, в основу которого положено поглощение СВЧ-излучения жидкостью и её тепловое расширение от данного воздействия. Т.к. облучение жидкости происходит коротким импульсом, то в результате такого воздействия создается «ударная» звуковая волна, распространяющаяся от места воздействия. Если взять ограниченный объем жидкости и поместить его в СВЧ-прозрачную емкость, например, в трубку, а затем расположить ее поперек направления распространения исследуемого СВЧ-излучения, то после его воздействия в жидкости образуется профиль избыточного давления, пропорциональный плотности мощности СВЧ-излучения. Данный профиль избыточного давления породит ударную звуковую волну, распространяющуюся вдоль трубки. При этом момент воздействия СВЧ-излучения на жидкость и момент прихода звуковой волны к торцу трубки будут разне-

сены во времени. Это позволит производить процесс измерения за пределами времени действия сильных помех.

Техническая реализация метода (рис. 1), имеющаяся на данный момент имеет пространственное разрешение ~3см и позволяет производить измерения на круглом выходном рупоре с диаметром ~40см и излучаемой мощностью 50-150 МВт в течении 200-450нс.

На рис. 2 показано расположение измерительных трубок перед выходным рупором и измеренные профили мощности в относительных единицах от расстояния.

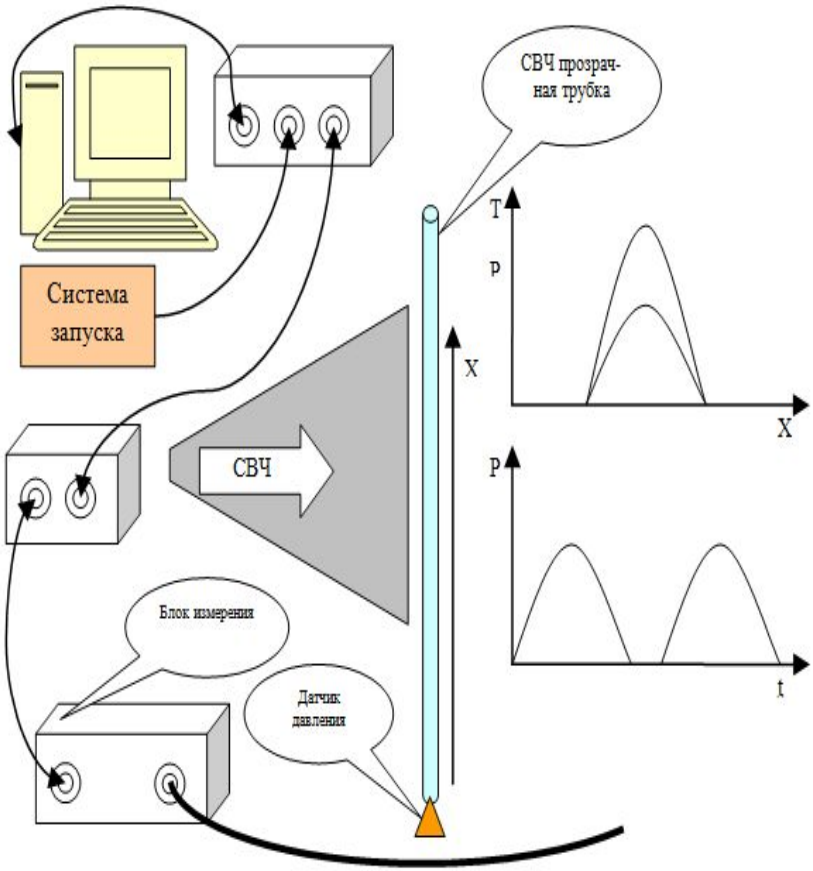


Рис. 1. Схема экспериментальной установки.

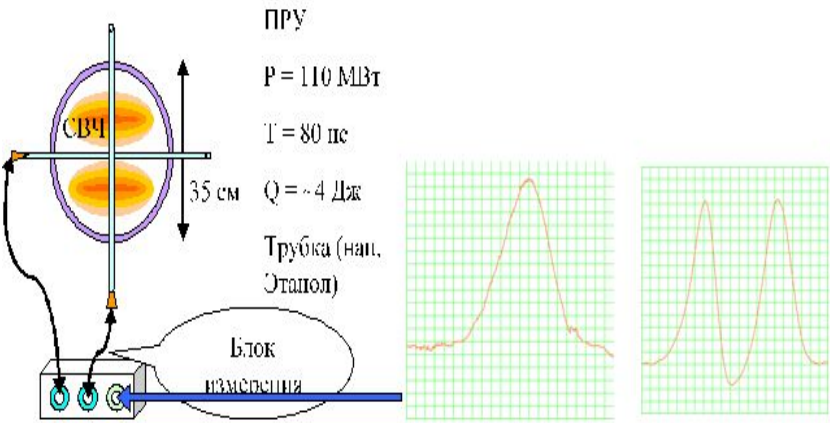


Рис. 2. Измерение профиля распределения мощности по двум осям на апертуре выходного рупора плазменного релятивистского СВЧ-усилителя.

Библиографический список

1. И.Е.Иванов, П.С.Стрелков, Д.В.Шумейко, «Спектр излучения плазменного релятивистского микроволнового усилителя». Радиотехника и электроника, 2009, т.54, №9, с.1091-1098.

2. М.С.Гитлин, В.В.Зеленогорский, А.О.Перминов, «Визуализация СВЧ-пучков с помощью рекомбинационного излучения положительного столба разряда в смеси паров цезия с ксеноном» Письма в ЖТФ, 2002, т.28, в.11, с. 1 -7.

MEASUREMENT OF THE SPATIAL DISTRIBUTION OF THE MICROWAVE POWER DENSITY OF SUB-GIGAWATT VALUES OF POWER

© D.V. Shumeyko
Prokhorov General Physics Institute of RAS, Moscow, Russia
e-mail: shumeyko@fpl.gpi.ru

Annotation. The applicability of a new experimental method for the diagnostics of the spatial distribution of the power density of microwave radiation of nanosecond duration and sub-gigawatt power on a plasma relativistic microwave generator and amplifier is shown.

Keywords. High-power microwave radiation, plasma, relativistic electron beam, microwave generator, microwave amplifier, pulse power measurement.

УДК 537.876.42

ВОЗБУЖДЕНИЕ И РАСПРОСТРАНЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН

© В.И. Жуков[1], К.Ф. Сергейчев[2], Д.М. Карфидов[2], Ю.Е. Сизов[2], С.Е. Андреев[1,2]

[1]Московский технологический университет, Москва, Россия

[2]Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук, Москва, Россия

e-mail: sevich999@mail.ru, k-sergeichev@yandex.ru

Аннотация. Проведено исследование распространения поверхностных электромагнитных волн (ПЭВ) по направляющим металлическим структурам в сантиметровом диапазоне радиоволн. В результате экспериментов получены распределения для разных компонент электрического поля на металлической ленте. Экспериментально получены оценки коэффициента передачи сигнала по металлической ленте в зависимости от её длины и деформации. Также в работе проведено сравнение полученных экспериментальных распределений компонент поля с результатами численного моделирования распространения ПЭВ. В работе проводится сравнение двух различных способов возбуждения ПЭВ на ленте: с помощью передающего волноводно-коаксиального перехода, а также с помощью пирамидального рупора.

Ключевые слова. Поверхностные электромагнитные волны (ПЭВ).

Поверхностные электромагнитные волны [1] (ПЭВ) представляют особый класс электромагнитных волн, распространяющихся по поверхности раздела сред, одна из которых является диэлектриком, а другая - неидеальным проводником. Благодаря конечной проводимости, поверхность проводника имеет свойство концентрировать вблизи себя энергию ПЭВ, что отличает эти волны от объёмных электромагнитных волн (ОЭВ), распространяющихся в свободном трёхмерном пространстве.

Отличительной чертой волны ПЭВ в сравнении с ОЭВ является то, что плотность потока энергии ОЭВ уменьшается с расстоянием от источника как r^{-2}, тогда как ПЭВ, удерживаясь вблизи направляющей поверхности, уменьшается обратно пропорционально расстоянию r^{-1} с относительно небольшим затуханием. Эта особенность ПЭВ на практике может существенно увеличить дальность действия радиолокационных станций и си-

стем связи, а также повысить их эффективность за счет того, что волна «привязана» к поверхности и «следует» за ее кривизной.

ПЭВ впервые были описаны А. Зоммерфельдом 1899 г. для случая распространения волны вдоль цилиндрического проводника. В 1907 г. И. Ценнек математически описал распространение электромагнитных волн вдоль поверхности проводника. Однако долгое время на практике данный тип волн не наблюдался. С появлением лазеров интерес к ПЭВ возник вновь, теперь их стали называть поверхностными плазмонами (ПП) или плазмон-поляритонами. Область частот, в которой сегодня активно ведутся интенсивные исследования ПП - это область излучения с частотами порядка терагерц (ТГц) от 100 ГГц до 10 ТГц, которая лежит между СВЧ и инфракрасной (ИК) областями спектра электромагнитного излучения. Исследования ПП на частотах ТГц находят применение в устройствах визуализации изображений, в биологических датчиках и высокоскоростных электронных микросхемах, и многих других. Однако работать с ПП трудно, так как эти волны, как правило, слабо связаны с поверхностью металла, проникают в металл на глубину 50-100 нм и распространяются не более, чем на десятки длин волн (сотни микрон) в окружающем диэлектрике [2].

На сегодняшний день, практически не проводилось экспериментальных исследований возбуждения и распространения ПЭВ в сантиметровом диапазоне радиоволн. Поэтому авторам представляется перспективным исследовать возможности возбуждения ПЭВ на металлических лентах в СВЧ диапазоне.

В данной работе проведены эксперименты и численное моделирование, направленные на исследование условий возбуждения и распространения ПЭВ на полосах прямоугольного сечения $a \cdot b$. При этом ширина полосы была много больше толщины a b, но сравнима с длиной волны λ.

Ограниченность полосы должна оказывать сильное влияние на пространственное распределение и структуру поля ПЭВ и на ее затухание в направлении распространения. При этом в эксперименте важно различать поля поверхностной и излучаемой (объемной) волн.

1. Возбуждение ПЭВ на металлической полосе

На рис.1а представлена схема измерений ПЭВ на металлической полосе, возбуждаемой от коаксиальной линии в диапазоне частот 6,5…7,5 ГГц. Непрерывное излучение СВЧ генератора стандартных сигналов Г4-82 (1) поступало по кабелю в волноводный тракт через коаксиально-волноводный преобразователь (2), развязывающий ферритовый вентиль Э8-23 (3), через

измерительную линию Р1-27 (4) на центральный проводник волноводно-коаксиального преобразователя (КВП) (5), от которого СВЧ ток возбуждал заостренный конец полосы (6), используемой в качестве открытого волновода ПЭВ.

На рис.1 показана схема эксперимента. Для измерения продольного распределения поля ПЭВ в направлении распространения z зонд передвигался параллельно оси исследуемой полосы с помощью 1-координатного устройства (9) с электроприводом. Медленное движение зонда было синхронизировано с линейной развёрткой осциллографа. Для измерения распределения составляющих поля ПЭВ поперек полосы устройство перемещения зонда располагалось перпендикулярно к полосе.

Поверхностная электромагнитная волна распространяется по полосе из алюминия с размерами сечения 25×4 мм^2 в воздухе на частоте 6 ГГц. Конец полосы заострялся в форме равнобедренного треугольника, с углом заострения 30-50^o, для лучшего согласования полосы с центральным проводником коаксиального фидера (5), питаемого от генератора (1).

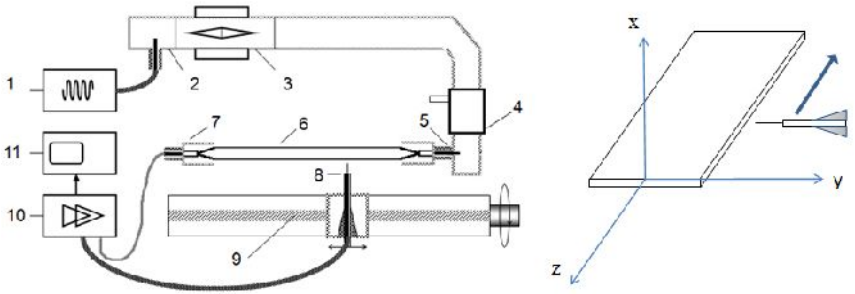


Рис. 1. Схема эксперимента по измерению распространения ПЭВ на металлической ленте. 1 – СВЧ генератор Г4-82; 2 – волноводный тракт; 3 – ферритовый вентиль; 4 – измерительная линия; 5 – передающий волноводно-коаксиальный преобразователь; 6 –исследуемый волновод пэв (лента из алюминия) ; 7 – коаксиальный терминал приемного кабеля; 8- свч зонд; 9- координатное устройство; 10 – супергетеродинный приемник ск4-62 с преобразователем Я4С-65; 11 – осциллограф TDS -2014.

Измерения распределения составляющих вектора электрической напряжённости поля по координатам проводились зондовым методом. Зонд был выполнен в виде жесткого коаксиального кабеля (*8*) диаметром 3 мм с антенной в виде короткого отрезка центрального проводника кабеля. Для устранения искажения зондового сигнала со стороны паразитной ПЭВ,

возбуждающейся на экране коаксиального зонда [3], на его конце помещался конический радиопоглотитель.

Сигнал антенны на выходе из усилителя приёмника, пропорциональный квадрату напряжённости поля E^2, регистрировался на осциллографе Tektronix TDS-2014 (*11*).

1.1 Продольное распределение компоненты $E_y^2(z)$

На рис. 2 представлен график продольного распределения компоненты $E_y^2(z)$ электрического поля ПЭВ, измеренной в режиме квадратичного детектирования.

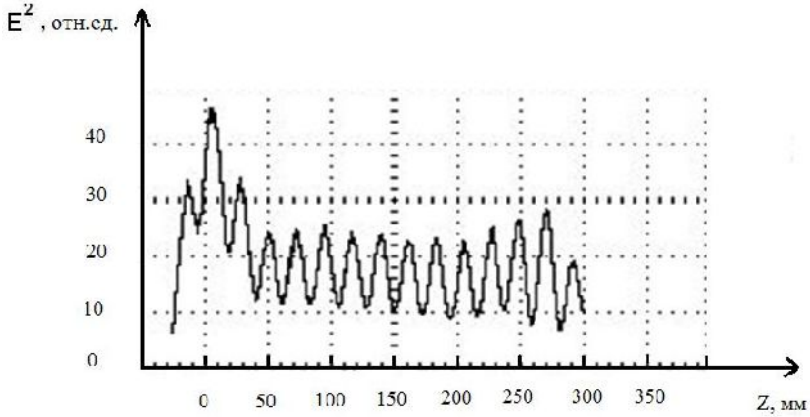


Рис. 2. Экспериментальное продольное распределение $E_y^2(z)$

Резкий спад амплитуды сигнала на первых 5см от точки возбуждения показывает, что потери мощности сигнала происходят в точке возбуждения полосы вследствие ОЭВ, интенсивность которого с расстоянием от точки возбуждения снижается обратно пропорционально r^2. Тогда как ПЭВ затухает медленнее, обратно пропорционально r. Из рис. 2 можно приближенно оценить КСВН ≈ 1.5.

1.2 Поперечное распределение компоненты $E_y^2(y)$

Как следует из теории [1], составляющая поля E_y, касательная к поверхности равна нулю. Полученное распределение показано на рис.3. Соответствующая компонента была измерена для алюминиевой полосы шириной a = 90см. Видно, что поле концентрируется вблизи границ полосы.

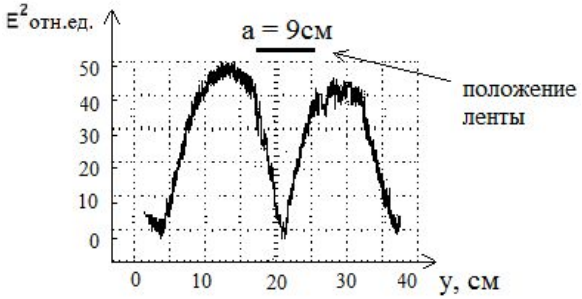


Рис. 3 экспериментальное поперечное распределение $E_y^2(y)$

2. Моделирование распространения ПЭВ по металлической полосе

На рис. 4 представлены результаты моделирования в программе CST Microwave Studio Suite для распределения модуля электрического поля $E_y(z)$ ПЭВ на алюминиевой полосе длиной 50см, для двух частот: 6 ГГц и 3 ГГц. Граничные условия на конце ленты: свободный, незакрепленный конец. На конце полосы волна излучалась и частично отражалась, что видно по пространственной модуляции амплитуды поля.

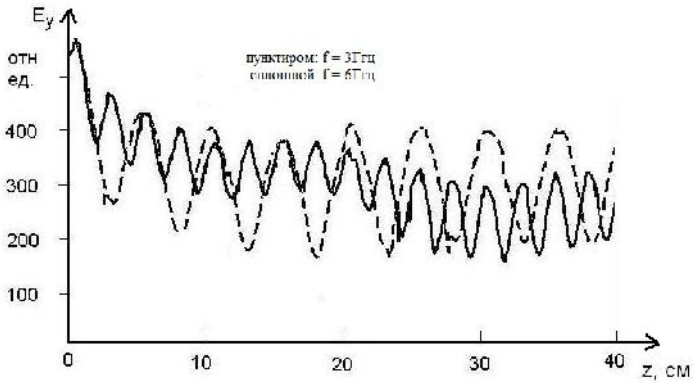


Рис. 4. Продольное распределение $E_y(z)$, полученное в результате моделирования в CST Studio для 6 ГГц, и для 3 ГГц.

Распределение построено только для однородной части полосы (не учитывалось заострение конца полосы в форме равнобедренного треугольника).

Видно, что результаты моделирования на рис. 4 достаточно хорошо сходятся с экспериментальными данными рис. 2.

Для наглядного представления о пространственно-временном поведении поля в виде анимации, было проведено моделирование в программе ANSYS HFSS. Учитывалась геометрия полосы, включая заостренные под 50 градусов в форме равнобедренного треугольника концы полосы. Скриншот этой анимации показан на рис.5:

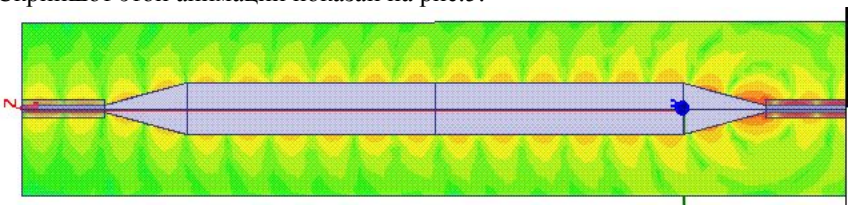


Рис. 5. Результат моделирования ПЭВ по ленте в ANSYS HFSS (f=6ГГц).

Это позволило увидеть, что на стыке заострения полосы с коаксиальным фидером, соединенным с СВЧ источником, происходит активное дипольное излучение в окружающее пространство, составляющее более 90% подводимой мощности. Видимо, на заостренном конце полосы, соединенном с центральным проводником фидера со стороны источника сформировалась «дипольная антенна», частью которой стала наружная поверхность коаксиального выхода КВП. Оставшаяся после излучения часть СВЧ мощности, очевидно, перешла в возбуждение ПЭВ. Пространственная модуляция амплитуды сигнала по z связана со стоячей волной из-за частичного отражения ПЭВ от приемного коаксиального фидера на конце полосы. Здесь мощность падающей ПЭВ делится между тремя каналами: часть переходит внутрь приемного фидера, часть переходит в виде ПЭВ на его внешнюю поверхность, и оставшаяся часть отражается по полосе в обратном направлении.

На рис.6 показан результат моделирования поперечного распределения компоненты электрической напряженности $E_y^2(y)$ в программе CST Microwave Studio Suite. Аналогичное распределение было получено экспериментально (рис.3). Несмотря на видимые различия, экспериментальное и смоделированное распределения подтверждают теорию [1] об отсутствии компоненты электрического поля E_y, касательной к поверхности. Поле резко нарастает на краях полосы и принимает нулевое значение за пределами границ полосы, тогда как составляющая поля $E_y(y)$, касательная к поверхности, отсутствует внутри границ полосы и скачком появляется на краях, экспоненциально убывая при удалении от краев. А ви-

димое отличие измеренных профилей интенсивности поля полученных экспериментально от полученных при моделировании, объясняется усреднением сигнала зонда на длине его антенны, l = 5 мм, которая определяет пространственное разрешение измерений.

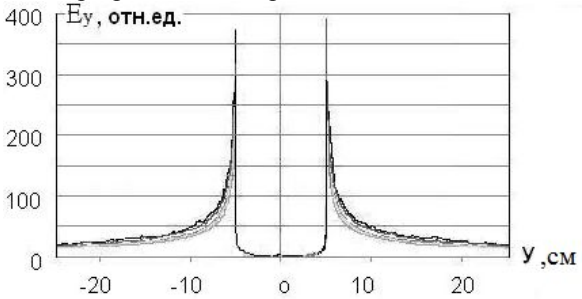


Рис. 6. Поперечное распределение $E_y^2(y)$, смоделированное в CST Studio

2. Зависимость коэффициента передачи сигнала по ленте, от ее длины и деформации

Для расчета потерь при передаче сигнала по ленте сравнивали сигнал прошедший через ленту, с сигналом, приходящим напрямую из передающего КВП в приемный КВП. Таким образом, потери в ленте были оценены в 12-14 дБ. Как можно увидеть из экспериментальных и смоделированных распределений для компоненты электрической напряженности поля E_y вдоль z (рис. 2, рис.4, рис. 5), основные потери в ленте происходят за счет излучения ОЭВ на стыке полосы и передающего КВП, а также, вероятно, и за счет излучения в конце полосы на стыке с принимающим КВП.

Коэффициент передачи ПЭВ по ленте был исследован для разных случаев:

1. Погонное (на единицу длины ленты) затухание ПЭВ
2. Изгиб «меандром»
3. Осевая скрутка
4. Небольшое провисание ленты

1) Для оценки погонного затухания ПЭВ проведено измерение коэффициента передачи сигнала по натянутой металлической ленте на частоте 6 ГГц. Для этого эксперимента была выбрана лента из константана с относительно низкой проводимостью, $\sigma = 2\times10^6$ См/м, шириной 40 мм и толщиной 0,1 мм. Коэффициенты передачи измерялись на двух лентах разной длины 7 и 0,7 метров, чтобы исключить вклад потерь в излучение ОЭВ на концах ленты, и по разнице в величине коэффициента передачи сигнала в 6 дБ было определено погонное затухание – 0,95 дБ/м. На эквивалентной по

размерам алюминиевой ленте потери могли быть меньше.

2) При изгибе «меандром», а также любом изгибе на 90^o сигнал практически не проходит через ленту. В точке изгиба ПЭВ «отрывается» от поверхности, тем самым излучаясь как ОЭВ в свободное пространство.

3) Осевая же скрутка натянутой ленты (без острых изломов) на π градусов не оказывает существенного влияния на коэффициент передачи сигнала по ленте.

4) Слабое провисание ленты заметно снижает коэффициент передачи сигнала по ленте, что может указывать на низкий декремент пространственного затухания поля вокруг полосы. Экспериментальная зависимость потери сигнала (в Дб), проходящего по константановой ленте, от стрелы прогиба h приведена на рис.7.

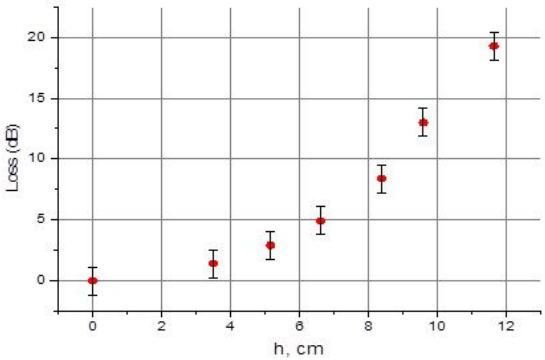


Рис. 7. Зависимость потери сигнала (в дБ), проходящего по константановой ленте, от стрелы прогиба ленты h (см.)

3. Возбуждение ПЭВ с помощью пирамидального рупора

В качестве альтернативного способа возбуждения ПЭВ по металлической ленте, передающий КВП был заменен на пирамидальный рупор. Схема эксперимента показана на рис. 8.

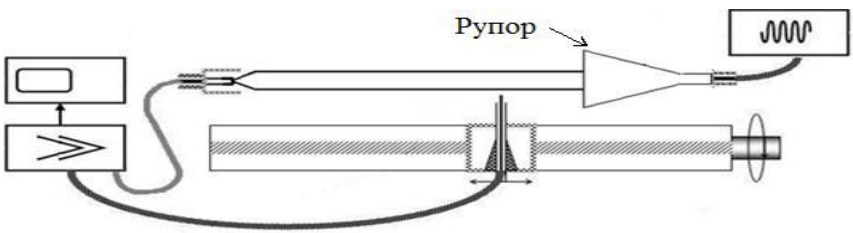


Рис. 8. Возбуждение ПЭВ на ленте с помощью пирамидального рупора

В предыдущих экспериментах ПЭВ на ленте возбуждалась через коаксиально-волноводный переход (КВП), от которого СВЧ ток возбуждал заостренный (клиновидный) конец ленты. В данном же случае использовался рупор, с целью отделить ПЭВ от ОЭВ. Но т.к. открытый рупор хорошо излучает СВЧ волны во внешнее пространство, решено было закрыть его с помощью фольгированного картона. Посередине было вырезано отверстие, соответствующее размерам ленты, причем между отверстием и фольгой был сделан небольшой зазор около 2мм (для того чтобы лента не соприкасалась с фольгой). Ввиду малых размеров отверстия, СВЧ излучение практически не выходит из рупора. В рупоре возникает структура стоячей волны (КСВ в рупоре порядка 100). При помещении металлической полосы в вырезанное отверстие, на ленте возбуждается ПЭВ. Так как в закрытом рупоре устанавливается стоячая волновая структура, то меняя положение ленты в рупоре по оси z, можно менять амплитуду волны ПЭВ, бегущую по ленте. Экспериментальный график зависимости прошедшей через ленту волны от глубины погружения ее в рупор представлен на рис. 9.

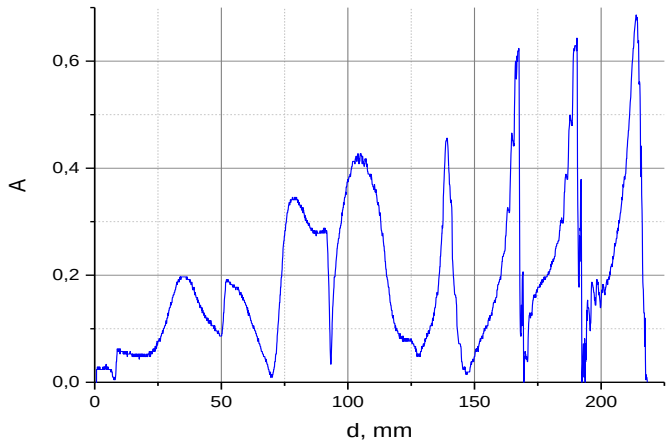


Рис. 9. Зависимость амплитуды сигнала А (отн. ед.), прошедшего по ленте, от глубины погружения ленты в рупор d (мм).

Настроившись на максимальную амплитуду А (рис.9), можно оценить потери при прохождении сигнала. Так, разница между сигналом, прошедшим через систему «рупор-лента-коаксиал приемника» и сигналом принимаемым напрямую «передающий КВП – принимающий КВП» равна около 14-15 дБ, что примерно соответствует потерям сигнала через систему «передающий КВП – лента – принимающий КВП», рассмотренную в пункте

2 данной статьи.

На рис.10 представлен график продольного распределения компоненты $E_y^2(z)$ электрического поля ПЭВ. Возбуждается ПЭВ с помощью пирамидального рупора. Поверхностная электромагнитная волна распространяется по полосе из алюминия с размерами сечения 25×4 мм^2 в воздухе на частоте 6 ГГц.

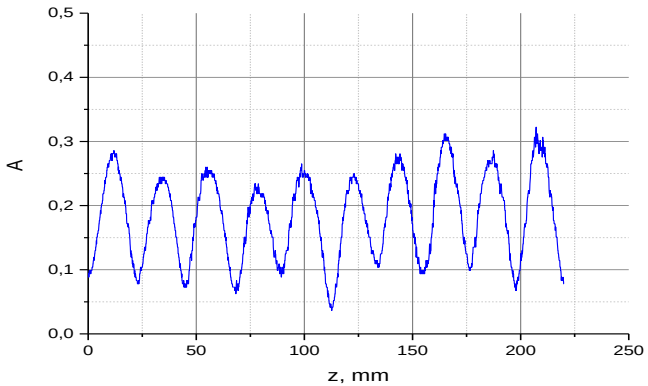


Рис. 10. Продольное распределение $E_y^2(z)$,измеренное экспериментально.

Также как и в случае возбуждения ПЭВ через КВП, по ленте бежит поверхностная волна, частично отражаясь от конца ленты (отражается около 20-25% сигнала). Однако такой метод возбуждения помогает практически полностью подавить ОЭВ, выделяя ПЭВ на ленте. Это можно увидеть, сравнивая рис. 2 (распределения $E_y^2(z)$ для системы передающий КВП – лента – принимающий КВП) с рис. 10 (распределение $E_y^2(z)$ для системы пирамидальный рупор – лента – принимающий КВП).

Полученные в работе экспериментальные данные и результаты моделирования, позволяют сделать вывод о возможности возбуждения ПЭВ СВЧ диапазона по металлическим лентам. Лента своими границами накладывает ограничение на распространение ПЭВ, способствует ее распространению в заданном направлении, формируя на удалении от точки возбуждения продольные поверхностные токи, которые поддерживают волну. Были изучены два способа возбуждения ПЭВ по ленте: с помощью закрытого пирамидального рупора и с помощью КВП. Результаты экспе-

римента показали, что потери сигнала при возбуждении ПЭВ рупором незначительно больше. Однако такой способ дает нам возможность отфильтровать ПЭВ от ОЭВ, что улучшает измерения распределений компонент поля. Также в работе были рассмотрены зависимости коэффициента передачи сигнала от длины ленты и от различных типов деформации ленты. Так, даже небольшое провисание ленты, оказывает сильное негативное воздействие на передачу сигнала. Осевая скрутка натянутой ленты (без острых изломов) на π градусов не оказывает существенного влияния на коэффициент передачи сигнала по ленте. По изогнутой на $\approx 90^{o}$ градусов ленте ПЭВ не проходит, излучаясь как ОЭВ в месте излома в окружающее пространство.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-08-00859 а.

Библиографический список

1. К.Ф. Сергейчев, Д.М. Карфидов, Ю.Э. Сизов, С.Е. Андреев, В.И. Жуков. Возбуждение и распространение поверхностных волн Зоммерфельда-Ценнека на проводящей полосе в сантиметровом диапазоне радиоволн.

2. Wang K., Mittleman D.M. // J. Opt. Soc. Am. B. 2005, V.22, №9. P.2001.

3. Сергейчев К.Ф., Лукина Н.А. Поверхностная волна Зоммерфельда в зондовых измерениях электромагнитных полей. // ПТЭ. 2009, №4, С. 114

EXCITATION AND PROPAGATION OF THE SURFACE ELECTROMAGNETIC WAVES

© V.I. Zhukov[1], K.F. Sergeichev[2], D.M. Karfidov[2], U.E. Sizov[2], S.E. Andreev[1,2]
[1]Moscow Technological University, Moscow, Russia
[2]Prokhorov General Physics Institute of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
e-mail: sevich999@mail.ru, k-sergeichev@yandex.ru

Abstract. This article dedicated to research of propagation of the surface electromagnetic waves on metallic bands in microwave wavelength range. As the result of experiments, the distribution for different components of electric field were obtained. Experimentally obtained the value of signal transmission ratio depending on length and deformation of the band. Also there was made a comparison between the experimentally distributions of electric field components and the results of modeling distributions.

Keywords. Surface electromagnetic waves.

УДК 535.421

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИФРАКЦИИ ПЛОСКОЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ВОЛНЫ НА ПРЯМОУГОЛЬНИКЕ С КОМПЛЕКСНЫМ КОЭФФИЦИЕНТОМ ОТРАЖЕНИЯ ПРИ ПРОИЗВОЛЬНЫХ УГЛАХ ПАДЕНИЯ И НАБЛЮДЕНИЯ ВОЛНЫ, ПРИ Н – ПОЛЯРИЗАЦИИ ВОЛНЫ ДЛЯ λ = 3 и 10 СМ

Д.С. Кравченко
Московский технологический университет, Москва, Россия
e-mail: Booty1@yandex.ru

Аннотация. При разработке различных комплексов в радиодиапазоне возникает необходимость в исследовании полей рассеяния слабо отражающими структурами в безэховых камерах (БЭК). Ряд таких задач приводит к исследованию дифракции электромагнитных волн на четырехугольной пластине с комплексным коэффициентом отражения.

Ключевые слова. Безэховая камера, дифракция электромагнитных волн, коэффициент отражения, диаграммы рассеяния.

При разработке различных комплексов в радиодиапазоне возникает необходимость в исследовании полей рассеянных слабо отражающими структурами в безэховых камерах (БЭК). Одна из таких задач может быть приведена к расчету дифракции электромагнитных волн на четырехугольнике с комплексным коэффициентом отражения.

При измерениях диаграмм рассеяния различных объектов в БЭК возникают вопросы погрешностей, вносимых отражениями электромагнитных волн от ее внутренней поверхности. Чтобы оценить эти погрешности необходимо найти мощность поля электромагнитной волны, рассеянной стенами, полом и потолком БЭК. Основной деталью внутренней поверхности БЭК прямоугольной конфигурации является четырехугольник из материала, поглощающего радиоволны, поэтому задача о рассеянии электромагнитных волн этой структурой является актуальной.

В данной работе рассматривается задача о дифракции плоской электромагнитной волны на непрозрачном прямоугольнике с размерами 2*а* x 2*б*, характеризуемом комплексным коэффициентом отражения, при произвольных углах падения волны. Прямоугольник ограничен контуром, проходящим через точки *A,B,C,D* (рис.1).

Ниже приводятся результаты расчета диаграммы рассеяния, при угле облучения 0°, для длин волн λ = 3 и 10 см.

1. Постановка задачи

Задача решается с помощью метода физической оптики (ФО), описанного в работе [1] для идеально проводящих тел. Дифракция плоской электромагнитной волны на черных объемных телах и полупрозрачных пластинах (бесконечная лента, диск) рассматривались в работе [2]. Метод ФО применялся в работе [3] для решения задачи о дифракции плоской электромагнитной волны на поглощающем клине. Аналогичный метод ФО был рассмотрен в работах [4,5] для дифракции на непрозрачном прямоугольнике с заданным комплексным коэффициентом отражения при E – поляризации падающей волны.

В работах [4,5,6] приведены результаты расчетов амплитуд волн, рассеянных четырехугольником, при различной поляризации падающей волны. Однако нет сравнения диаграмм для амплитуд рассеянных волн и диаграмм соответствующих мощностей в то время, как такое сравнение представляет значительный интерес в связи с наглядностью того или иного представления при различных параметрах.

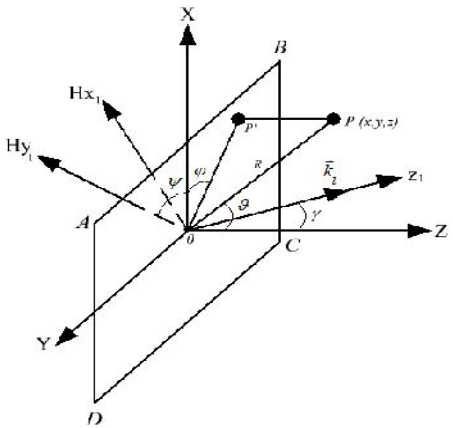


Рис.1. Геометрия задачи.

На рис.1 *ABCD* – рассеивающая площадка, R – расстояние от 0 до точки наблюдения P, k_l – волновой вектор падающей волны, γ – угол падения, φ – угол наблюдения, *P* – точка наблюдения, E_{y_1} и H_{x_1} – вектора электрического и магнитного поля, ψ – угол между вектором *H* и осью X, ϑ – угол между R и осью Z.

Таблица 1. Исходные данные для обработки результатов измерений

№	R^h Коэффициент отражения РПМ - II $\lambda = 3$ см						
	γ	ДБ	Модуль КО отн. ед.	Мощность в отн. ед.	Фаза (φ_i)	Re (R^h)	Im (R^h)
1	0	-18	0,123	0,0151	0,65	0,123	0,001
№	R^h Коэффициент отражения РПМ - II $\lambda = 10$ см						
	γ	ДБ	Модуль КО отн. ед	Мощность в отн. ед.	Фаза (φ_i)	Re (R^h)	Im (R^h)
2	0	-13,4	0,214	0,0457	0,8	0,213	0,003

2. Расчетные формулы

$$H_x = -ik\frac{e^{ikR}}{R}\cdot\left[Q_p^h(\vartheta,\varphi)\cdot(-\sin^2\vartheta\cos\varphi\cdot\cos(\psi-\varphi)+\sin\psi)-Q_m^h(\vartheta,\varphi)\cdot\cos\gamma\cdot\cos\vartheta\cdot\cos\psi\right] \quad (1)$$

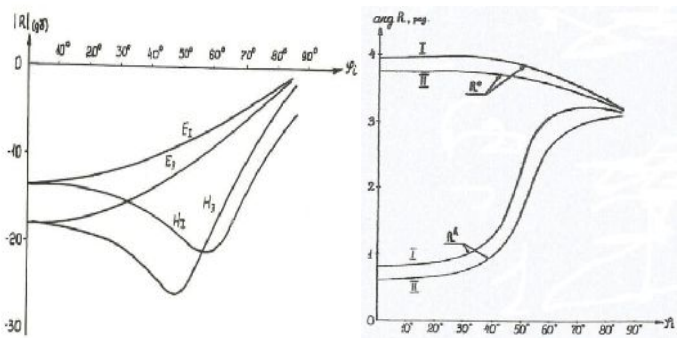
$$H_y = ik\frac{e^{ikR}}{R}\cdot\left[Q_p^h(\vartheta,\varphi)\cdot(-\sin^2\vartheta\cdot\sin\varphi\cdot\cos(\psi-\varphi)+\cos\psi)+Q_m^h(\vartheta,\varphi)\cdot\cos\gamma\cdot\cos\vartheta\cdot\sin\psi\right] \quad (2)$$

$$H_z = -ik\frac{e^{ikR}}{R}\cdot\sin\vartheta\cdot\cos(\psi-\varphi)\cdot(Q^h(\vartheta,\varphi)+Q_m^h(\vartheta,\varphi)\cdot\cos\gamma\cdot\cos\vartheta) \quad (3)$$

где $Q_p^h(\vartheta,\varphi) = \frac{1}{k^2\pi}\cdot H_{0y1}\cdot(1-R^h)\cdot G_1(\vartheta,\varphi)\cdot G_2(\vartheta,\varphi)$,

$$Q_m^h(\vartheta,\varphi) = \frac{1}{k^2\pi}\cdot H_{0y1}\cdot(1+R^h)\cdot G_1(\vartheta,\varphi)\cdot G_2(\vartheta,\varphi),$$

$$G_1(\vartheta,\varphi) = \frac{\sin\cdot[ka\cdot(\cos\beta-\sin\vartheta\sin\varphi)]}{\cos\beta-\sin\vartheta\sin\varphi};\ G_2(\vartheta,\varphi) = \frac{\sin\cdot[kb\cdot(\cos\alpha-\sin\vartheta\cos\varphi)]}{\cos\alpha-\sin\vartheta\cos\varphi}.$$



а) б)

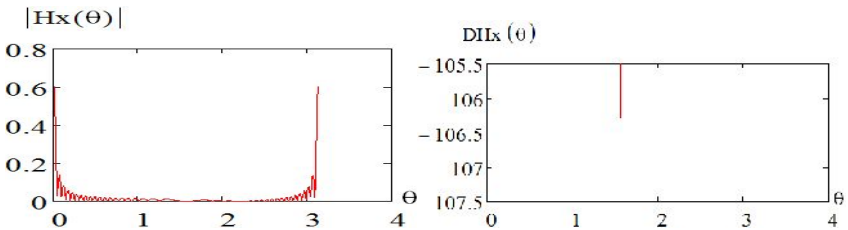
Рис.2. Графики угловых зависимостей коэффициента отражения (модулей и фаз КО для 10 (I) и 3-х (II) сантиметровых волн)

3. Результаты численных расчетов

По формулам 1 - 3 были проведены численные расчеты, а на рис 3 - 8 построены диаграммы $D_h(\vartheta) = 20\lg D_h(\vartheta)$ амплитуд (а) и мощности (б) в (о тн. ед.) плоских электромагнитных рассеянных волн в децибелах, отраженных от стенки безэховой камеры, поверхность которой покрыта радиопоглощающим материалом «болото», для компонент E_x E_y и E_z при H – поляризации падающей волны, для R^h - комплексного коэффициента отражения. Размеры четырехугольника: $a = 40$ см, $b = 30$ см, расстояние до точки наблюдения $R = 1200$ см. Углы ориентации плоскости падения волны: $\psi = 0$, $\varphi = 0$. Направление падения волны задается углами $\alpha = \pi/2 - \gamma$, $\beta = \pi/2$, $\gamma = 0^0$. Углы наблюдения лежат в полупространстве $0 < \Theta < \pi$. Длина волны 3 и 10 сантиметров. Исходные данные для обработки результатов измерений приведены в таблице 1.

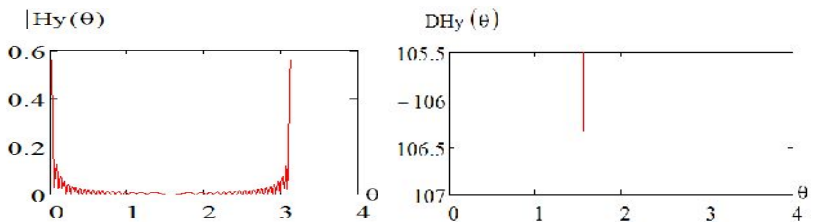
Моделирование диаграмм рассеяния плоских электромагнитных волны $\lambda = 3$ и 10 см, отраженных от стенки безэховой камеры, поверхность которой покрыта радиопоглощающим материалом «болото» для компонент E_x E_y и E_z при Н – поляризации падающей волны осуществлялось с помощью программного обеспечения Mathcad.

Н – поляризация электромагнитных волн λ = 3 см



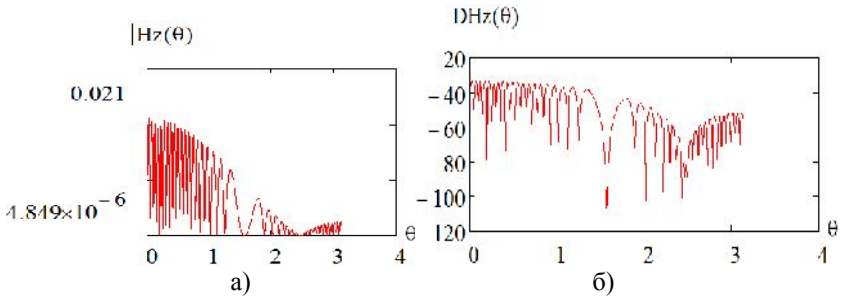
а) б)

Рис. 3.



а) б)

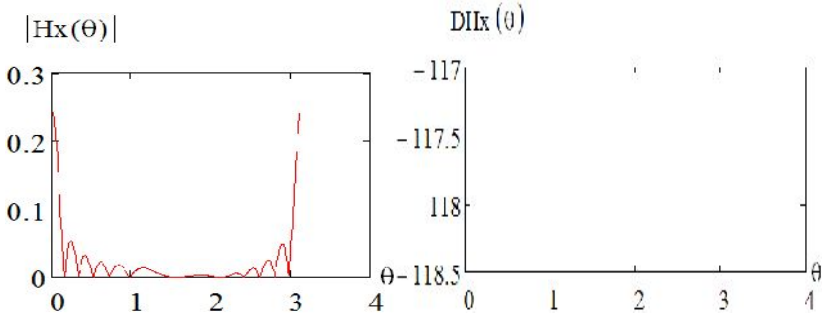
Рис. 4.



а) б)

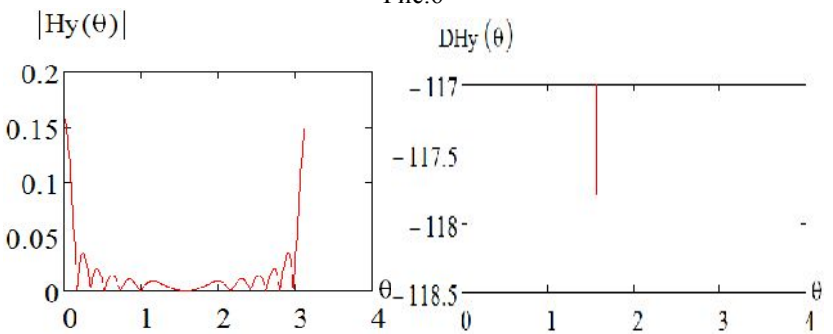
Рис. 5.

H – поляризация электромагнитных волн λ = 10 см



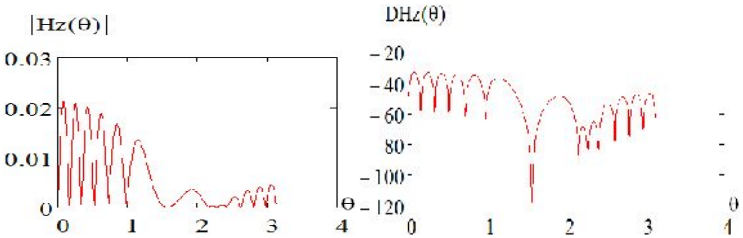
а) б)

Рис.6



а) б)

Рис.7



а) б)

Рис. 8.

3. Анализ результатов

Диаграммы рассеяния (рис. 3 – 8) и имеют осциллирующий характер. При длине волны $\lambda = 3$ см изрезанность диаграмм более сильная, чем при длине волны $\lambda = 10$ см.

На каждом из рисунков 3 и 5 можно выделить максимум, связанный с направлением зеркально отраженного луча $\Theta = \pi - \gamma$ и максимум, связанный с прострельным лучом, $\Theta = \gamma$.

Амплитуда зеркально отраженного луча в соответствии с низким коэффициентом отражения значительно меньше амплитуды прострельного луча.

Угловое расстояние между главными лепестками (зеркального и прострельного) лучей уменьшаются при возрастании угла падения.

Полученные в статье результаты позволяют сделать следующие выводы:

Уровень мощности рассеяния от плоских поверхностей БЭК вне главных максимумов, соответствующих рассеянию в направлениях проходящей и зеркально - отраженной волн, составляет –(20÷40) дБ. При приближении к указанным направлениям уровень мощности рассеяния повышается до –(0÷10) дБ, что требует конструктивных решений БЭК, исключающих возникновение зеркально отраженных волн в рабочем объеме БЭК, в котором помещают исследуемый объект.

4. Заключение

Задачи дифракции на четырехугольнике впервые поставлена и решена для частного случая в работах [1,2]. В них изучается рассеянное поле при падении плоской волны в главной плоскости.

Полученные результаты расчетов могут быть использованы при проектировании рабочих мест в безэховых камерах.

В последующем полученные результаты, могут быть, получены, при определенных погрешностях измерений диаграмм направленности за счет отражения БЭК.

В связи с этим решение таких задач является актуальным и представляет интерес для специалистов, занимающихся исследованиями ЭМС в подобных областях.

Библиографический список

1. П.Я. Уфимцев. Метод краевых волн в физической теории дифракции. // М.: Советское радио, 1962. С.48 – 53.

2. П.Я. Уфимцев. Дифракция на черных телах и на полупрозрачных пластинах. // Известия вузов. Радиофизика, 1968, т. XI, № 6., С.1867–1869.

3. А.К. Черепанов. Дифракция плоской электромагнитной волны на неограниченном поглощающем клине. // М.: МГТУ МИРЭА, 2001, Межвузовский сборник научных трудов "Вопросы повышения эффективности радиоэлектронных систем", С.153 –160.

4. Д.С. Кравченко, А.К. Черепанов. Дифракция плоской электромагнитной волны на непрозрачном прямоугольнике с заданным эффективным комплексным коэффициентом отражения при E – поляризации падающей волны. // VI Всероссийская научная конференция "Радиофизические методы в дистанционном зондировании", Муром, Россия, 2014, доклады, С. 272 – 277.

5. Д.С. Кравченко, А.К. Черепанов, Г.Н. Третьяков. Дифракция плоских электромагнитных волн на непрозрачном прямоугольнике, при E – и H – поляризациях падающей волны, для длин волн 3 и 10 см. // Международная конференция «REDS - 2015», Москва, Россия, доклады, С. 90 - 94.

STUDY of DIFFRACTION of an ELECTROMAGNETIC WAVE IN A FLAT RECTANGLE WITH THE COMPLEX REFLECTION COEFFICIENT, WITH ARBITRARY ANGLES OF INCIDENCE AND OBSERVATION OF THE WAVE, WHEN H- POLARIZATION WAVES FOR λ = 3 AND 10 CM

D.S. Kravchenko
Moscow Technological University, Moscow, Russia
e-mail: Booty1@yandex.ru

Abstract. When designing different sets of radio, there is a need to study the scattering field of various weakly reflective structures in bezèhovyh cells (back). One of these tasks can be made to the calculation of diffraction of electromagnetic waves on the square with complex reflection coefficient.

Keywords. Anechoic chamber, diffraction of electromagnetic waves, reflection coefficient, scattering diagrams.

СЕКЦИЯ № 6

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

УДК 621.378.001

ВРЕМЕННАЯ И ЧАСТОТНАЯ КИНЕТИКА СОСТАВЛЯЮЩИХ ОПТИЧЕСКОГО СПЕКТРА РАЗРЯДА В КСЕНОНЕ

© Е.В. Васильев, В.В. Куренков
Московский технологический университет, Москва, Россия
e-mail: strong41@mail.ru, kurenkov@mirea.ru

Аннотация. Приведены экспериментальные результаты исследования эволюции спектра излучения ксеноновой лампы в импульсном режиме двойного поджига Показано, что в этом случае возможно существенно увеличить светоотдачу лампы при больших токах разряда. Обнаружено появление спектральных компонент в УФ части спектра.

Ключевые слова. спектр, импульсная ксеноновая лампа, дуговой разряд, накачка АС лазера.

Для повышения КПД лазеров с оптической накачкой необходимо сопряжение спектра излучения источника накачки со спектром поглощения активной среды лазера. Для накачки подобного рода в технологических, волоконных и коммуникационных лазерах в настоящее время в основном применяются светодиодные источники света, которые позволяют варьировать как мощность световых потоков, так и спектр излучения путем подбора типа полупроводника и режима электрического питания.

При использовании для накачки газоразрядных ламп управление спектром излучения возможно путем изменения газового состава, давления, тока разряда и, в импульсном случае, путем изменения длительности импульса газового разряда.

При использовании импульсных ксеноновых ламп низкого давления типа ИФП, ИНП и других существуют ограничения на величину тока разряда. При большом токе разряда в импульсе вследствие термодинамического удара происходит разрушение лампы. Как показывает опыт эксплуатации этих ламп, разрушение происходит в случае «холодной» лампы, т.е. при запуске в отсутствии тлеющего разряда.

Избежать этого явления можно, если предварительно перед разрядом поджечь тлеющий разряд, который разогреет лампу и, тем самым динамический удар будет ослаблен.

На рис. 1 представлена электрическая принципиальная схема включения импульсной ксеноновой лампы (ИЛ, ИФП-800) . В схеме содержится два контура питания ламп R_1- D_1-ИЛ-R_k-C_1 и R_2--ИЛ-R_k-C_2. Емкости $C_2 \ll C_1$ (1,0 мкФ, и 0,01 мкФ, U_{C1}= 500 В, U_{C2}= 5 кВ). Включение лампы во второй контур производится с задержкой относительно первого контура, как показано на рис.2.

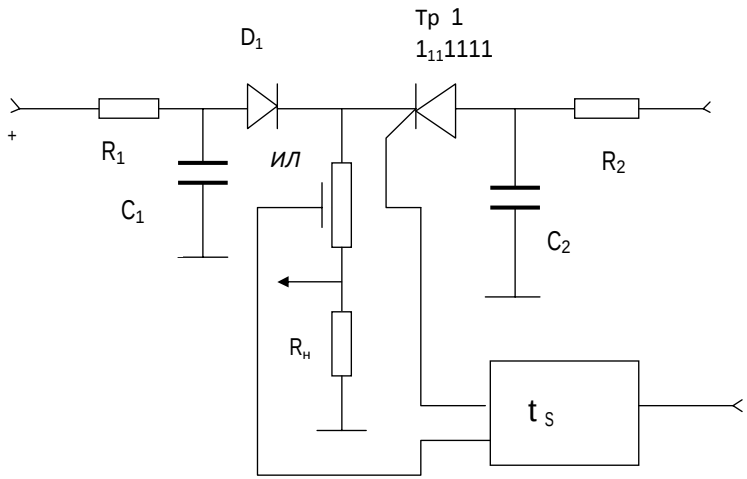


Рис.1. Схема включения импульсной лампы (ИЛ) в режиме двойного поджига

C_1 – конденсатор большой емкости; R_1, R_2 – зарядные резисторы;

C_2 – конденсатор малой емкости; $R_н$ - токовый резистор;

ИЛ – имульсная ксеноновая лампа; D_1 - разрядный защитный вентиль;

t_s - схема запуска и задержки ; $Тр_1$ – тиристор запуска разряда

Схема работает следующим образом. Конденсатор С1 заряжается от источника питания постоянного тока до номинального напряжения, предусмотренного для данного типа импульсной лампы. Обычно это напряжение составляет несколько сотен вольт. При подаче на внешний электрод лампы или на разрядный промежуток поджигающего высоковольтного импульса (слабый ток в лампе) через лампу происходит разряд конденсатора С1. Временная зависимость тока разряда показана на рис.2. Длительность импульса токового разряда задается постоянной времени разрядной цепи, в которую входит нелинейное сопротивление лампы. Увеличение питающего напряжения и тока лампы сверх номинального недопустимо и приводит к разрушению баллона из-за термоудара и как следствие этого повышения давления газа в лампе.

Спектр излучения ксеноновой лампы работающей в номинальном

режиме и в режиме двойного поджига приведен на рис.3.

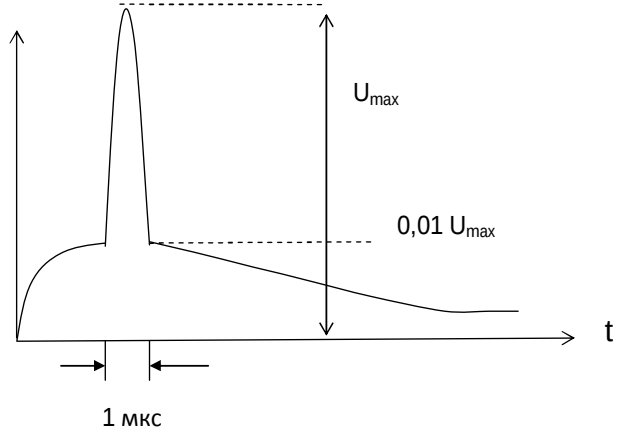


Рис.2. Временные зависимости интенсивности излучения (тока) в режиме двойного поджига

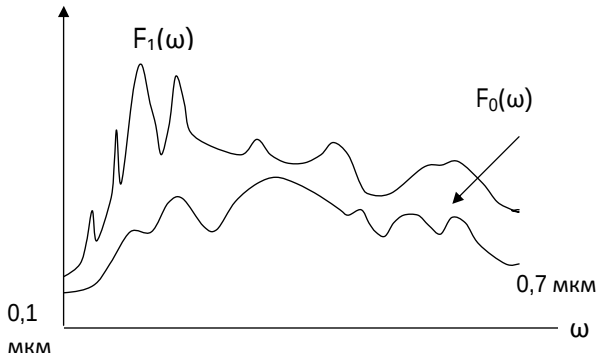


Рис. 3. Спектр ксеноновой лампы в номинальном режиме $F_0(\omega)$ и в режиме двойного поджига $F_1(\omega)$

В режиме двойного поджига срок службы импульсной ксеноновой лампы увеличивается на 30%. При этом в процессе эксплуатации заметной деградации спектра на происходит. Длительность импульса тока может так же варьироваться в пределах 1 – 10 мкс. При этом происходит изменение структуры спектра, что свидетельствует о возбуждении метастабильных уровней имеющих различное время жизни или возникновении дополнительных процессов передачи возбуждения.

Описанная методика была применена для накачки твердотельного лазе-

ра работающего в режиме свободной генерации на неодиме. Длительность светового импульса лампы устанавливалась равной длительности релаксационного пика излучения лазера или менее. Временная зависимость излучения лазера становилась регулярной. Длительности релаксационных пиков сокращались до времени светового импульса лампы. Режим работы квантового генератора стабилизировался (отсутствие хаотического следования «пичков»)

При последующих экспериментах с использование более мощных ксеноновых ламп (ИФП-2000) в импульсном режиме двойного поджига была получена пиковая мощность излучения 1,2 МВт.

Как видно из приведенных на рис.3 зависимостей в спектре $F_1(\omega)$ наблюдаются дополнительные значительно интенсивные компоненты в ультрафиолетовой области, появление которых можно объяснить, в свою очередь, тем, что при увеличении энергии ударной ионизации электронов в разряде происходит возбуждение более высоких энергетических уровней ксенона и проявляются новые допустимые правилами отбора спектральные переходы рис.4.

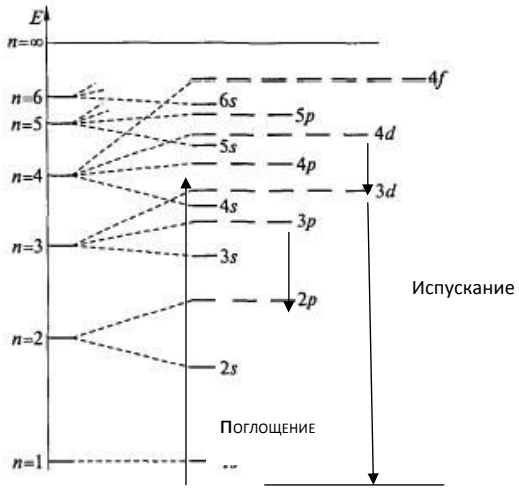


Рис.4. Схема энергетических уровней атома и возможные переходы.

Каждая спектральная компонента в спектре является следствием перехода электронов в атоме Xe с возбужденных метастабильных уровней (состояний) на стационарные уровни. Интенсивность спектральных компонент пропорциональна вероятности перехода. Время жизни электронов на метастабильном уровне также зависит от скорости передачи возбуждения и скорости миграции возбуждения в газовом разряде. Таким образом, измеряя интенсивность компоненты и длину волны излучения возможно иметь ин-

формацию о механизмах передачи и миграции возбуждения в газе.

Изменение концентрации возбужденных ионов определяется соотношением:

$$\frac{dN(t)}{dt} = W(t) - \frac{N(t)}{\tau} + \sigma(\omega)N(t)J(t)$$

$N(t)$ - текущее значение концентрации возбужденных ионов; W - скорость возбуждения ионов в газовом разряде: τ - время жизни метастабильного уровня: $\sigma(\omega)$ - поперечное сечение излучения; интенсивность светового потока; β - потери.

На рисунке приведен усредненный спектр лампы ИФП-800 F_0 (ω) не содержащий компонент тонкой структуры . Временная зависимость формы спектра так же изменяется в зависимости от тока разряда, что обусловлено изменением энергии электронов в токе разряда. При малой кинетической энергии, слабом токе, эта энергия мала и атомные электроны возбуждаются на низколежащие уровни. При большем токе разряда электроны «забрасываются» на более высокие уровни и появляются спектральные компоненты, соответствующие более короткому УФ диапазону излучения [1].

$$\frac{m_e v^2}{2} = qEd$$

Теоретически предсказать все возможные изменения спектра излучения разряда сложно, поскольку между атомами происходит передача возбуждения и населенности соответствующих уровней могут вследствие этого существенно изменяться.

Библиографический список

1. Д.В. Рыбка, Е.Х. Бакшт, М.И. Ломаев, В.Ф. Тарасенко, М. Кришнан, Дж. Томпсон. Характеристики излучения импульсного разряда в ксеноне // Журнал технической физики, 2005, том 75, вып. 2 04;07;12.

2. Ломаев М.И., Рыбка Д.В., Тарасенко В.Ф., Липатов Е.И., Кришнан М., Томпсон Дж., Раркс Д. // Изв. вузов. Физика. 2004. Вып. 1. С. 81–84.

OPTIC SPECTRA AND FRECUENCY KINETIC XENON DISCHARGE

© E.V. Vasiliev, V.V. Kurenkov
Moscow Technological University, Moscow,Russia
e-mail: strong41@mail.ru, kurenkov@mirea.ru

Abstract. This article contents the results of experiments by double launching of xenon discharge in pulsed lamp. Optic spectra and frecuency kinetic shown when short carrent pulse is attached.

УДК: 004.414.2

АППАРАТНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

© Т.А. Деменкова, Е.В. Шпиева
Московский технологический университет, Москва, Россия
e-mail: demenkova@mirea.ru

Аннотация. Рассматриваются подходы к выбору аппаратной платформы для реализации алгоритмов на основе искусственных нейронных сетей. Анализируются принципы организации и функционирования нейронных сетей, области применения, использование параллельной аппаратной архитектуры. Исследуется вопрос относительно разработки инструментов для автоматического перевода моделей высокого уровня искусственных нейронных сетей на аппаратные средства. Приводятся конкретные примеры с использованием цифровой технологии, включая программируемые логические интегральные схемы с архитектурой FPGA.

Ключевые слова. Искусственные нейронные сети, аппаратная реализация, программируемые логические интегральные схемы, микропроцессоры**.**

Искусственные нейронные сети (ИНС) в настоящее время находят широкое применение в самых разных предметных областях. Они используются для идентификации статических и динамических объектов, для построения ассоциативной памяти и моделей временных рядов, сжатия информации, в системах поддержки принятия решений, для целей прогнозирования, классификации и распознавания образов, а также как средство решения некоторых задач вычислительного характера.

ИНС, построенные по принципу организации и функционирования биологических нейронных сетей, по своей природе требуют сложных параллельных вычислений. Таким образом, высокая скорость работы в приложениях реального времени и обучение больших наборов данных могут быть достигнуты только в том случае, если сети реализованы с использованием параллельной аппаратной архитектуры [1].

1. Преимущества ИНС для реализации на аппаратных средствах

Искусственная нейронная сеть - это математическая модель, основанная на биологических нейронных сетях. Существуют различные типы искусственных нейронных сетей, такие как упреждающие нейронные сети, многослойные и рекуррентные нейронные сети. Каждая из них имеет свои недостатки и достоинства и может быть применена в различных областях: распознавание лиц, предсказание последовательностей, процессы управле-

ния, фильтрации и адаптации.

Благодаря тому, что сеть нейронов человеческого мозга представляет собой высокоэффективную комплексную систему с параллельной обработкой информации, обработка распознавания будет во много раз быстрее, чем решение этих же задач самыми современными компьютерами. Основное преимущество биологического мозга заключается в параллельности производимых им вычислений. В первом приближении, мозг человека состоит из нейронов и соединяющих их волокон. Упрощенно принцип действия нейрона выглядит следующим образом: через дендриты нейрон получает нервные импульсы от других нейронов; в теле нейрона сигнал обрабатывается; обработанный сигнал, через аксон, разветвляющийся на конце на множество нервных нитей (синапсы), передаётся дальше, к другим нейронам.

Биологическая нейронная сеть очень развита и сложна. Для построения математической модели ИНС необходимо сделать несколько допущений. Каждый нейрон обладает некоторой передаточной функцией, определяющей условия его возбуждения. При прохождении синапса сигнал меняется линейно, то есть сила сигнала умножается на некоторое число. Это число будем называть весом синапса или весом соответствующего входа нейрона. Деятельность нейронов синхронизирована, то есть время прохождения сигнала от нейрона к нейрону фиксировано и одинаково для всех связей.

Существуют различные типы нейронных сетей. Рассмотрим основные типы архитектуры: многослойные персептроны (multilayer percetron) и рекуррентные нейронные сети (РНС). В многослойных персептронах множество сенсорных элементов составляют входной слой нейронной сети (входных узлов или узлов источника). Имеются также один или нескольких скрытых слоев вычислительных нейронов (hidden layer) и один выходной слой нейронов (output layer). Входной сигнал распространяется по сети в прямом направлении, от слоя к слою. Такие сети широко используются в распознавании образов. В рекуррентных нейронных сетях нейроны скрытого слоя могут иметь сигналы, передвигающиеся в обоих направлениях с помощью введения петель в сети. На каждом такте работы нейронной сети один или несколько нейронных элементов обрабатывают информацию, полученную на предыдущем шаге, то есть функционирование рекуррентных нейронных сетей носит итеративный характер [2]. Такая обработка информации происходит до тех пор, пока все нейронные элементы не перейдут в состояние равновесия. При этом состояния нейронных элементов перестают изменяться. С помощью РНС можно решать нелинейные динамические

задачи [3]. Скрытый слой, называемый резервуаром сети данного типа, представляется "черным ящиком", для которого могут быть заданы различные параметры, дающие общее представление о резервуаре нашей сети. Возможна установка небольшого количества параметров, таких как размер резервуара, разреженность входных соединений и хранилища, диапазон значений весов для входов и резервуара, а также масштабирование резервуара матрицы [4].

Нейронная сеть является надежным инструментом для адаптации к изменениям в среде благодаря своей возможности справляться с динамическими изменениями [5]. Она может использоваться, например, в нейросетевом контроллере для небольшого автономного робота. Другие адаптивные системы, такие, как итерационный контроллер, имеют свои недостатки: низкую сходимость к решению и также необходимость иметь большой объём данных для обучения сети. Нейронные сети сходятся к решению быстрее и при этом могут работать в нелинейных системах [6].

Можно выделить следующие преимущества рекуррентных нейронных сетей:

- работа с динамическими изменениями;
- быстрая сходимость;
- более точное отображение входа на выход.

Если говорить об аппаратной реализации такой сети, то можно выделить следующие положительные характеристики [7]:

- *параллельная обработка*, каждый нейрон обрабатывается на отдельном блоке;
- *асинхронные операции*, нейроны ИНС могут работать на максимальной скорости оборудования;
- *редакция ошибок*, если некоторые из нейронов будут выдавать ошибочную информацию, они могут быть удалены без каких-либо проблем;
- *регулярность*, нейроны строятся из простых блоков, таких, как сложение и сдвиг;
- высокая скорость обработки данных.

Далее рассмотрим различные аппаратные носители для реализации наилучшей модели нейронной сети, которая потенциально могла бы строить лучший прогноз поведения и быстро адаптироваться к внешним изменениям.

2. Возможности аппаратной реализации ИНС

Аппаратные реализации ИНС обычно называют аппаратными нейронными сетями (АНС). Неформально АНС можно рассматривать как устройства, предназначенные для реализации нейронных архитектур и алгоритмов обучения с преимуществами, связанными с параллельной приро-

дой ИНС. Для покрытия большинства реальных проблем от нейронных сетей требуется как минимум от 100 до 1000 узлов, а число межсоединений обычно колеблется в пределах от 104 до 106.

ИНС, как правило, определяется в терминах топологии сети, алгоритмом обучения, количеством и типом входов/выходов, количеством процессорных элементов (ПЭ) и синаптических соединений, количеством слоев и т.д. Для аппаратной реализации, кроме этого, могут существовать дополнительные технические характеристики в используемой технологии (аналоговой, цифровой, или гибридной): представление данных (с фиксированной или плавающей запятой), точность, программируемые или фиксированные соединения, обучение на чипе или чип-в-цикле, передаточная функция на кристалле или вне кристалла, например, таблицы поиска (LUT), и количество каскадов.

Большинство доступных микросхем АНС являются цифровыми и большинство из них используют КМОП-технологии. Есть несколько категорий цифровых микросхем с различной архитектурой, такие как многокристальный секционный микропроцессор (MCM), MISD архитектура параллельных вычислений и систолические матрицы (СМ). Преимущества цифровой технологии включают в себя использование хорошо известных методов изготовления и гибкий дизайн.

Самой большой проблемой для проектировщиков является реализация синапса, который обычно является самым медленным элементом. У каждой категории есть свои достоинства и недостатки. MCM архитектура обычно включает в себя обучения вне кристалла. В случае SIMD (одиночный поток команд) каждый из процессорных элементов обрабатывает одни и те же инструкции одновременно, но на разных наборах данных. При реализации на кристалле с архитектурой MISD каждый из процессорных элементов делает один шаг вычисления синхронно с другими процессорными элементами и затем передает свой результат следующему процессору, что делает архитектуру подходящей для реализации матричного умножения, которое является общим для построения ИНС.

3. Примеры реализации

Исследования конкретных реализаций нейронных сетей позволяют сделать вывод, что в каждом решении на первое место выступает проблема возможности выполнения данного алгоритма на данной платформе. Например, в работе [8], представлена аппаратная модель для морфологической нейронной сети, которая заменяет классические операции умножения и сложения на операции сложения и операции получения максимума или минимума. Известна модель синапса с использованием КМОП-структуры в стандартном процессоре, выполненном по технологии 0,35-мкм. Конструкция синапса затем используется в ар-

хитектуре СБИС, состоящей из 2176 синапсов для приложения выделения признаков отпечатка пальца.

В работе [9] описывается реализация схемы обработки сигналов для непрерывной рекуррентной нейронной сети с использованием аналоговой СБИС в смешанном режиме, где переменные состояния представлены напряжениями, в то время как нервные сигналы передаются в виде токов. Использование тока увеличивает точность нейросигналов и позволяет поддерживать большие расстояния между нейронами, что делает эту архитектуру относительно надежной и масштабируемой.

Первая модель АНС на основе запоминающего устройства с произвольным доступом (ЗУПВ) состоит из ПЭ (нейронов), которые имеют только дискретные входы и выходы и никакого веса между узлами. Нейронные функции сохраняются в таблицах поиска (LUT). В отличие от других моделей нейронных сетей они могут обучаться очень быстро и могут быть реализованы на простом оборудовании. Вместо того, чтобы регулировать веса в обычном смысле, АНС на основе ЗУПВ обучаются путем изменения содержимого таблиц поиска. АНС на основе ЗУПВ нашли широкое применений, включая построение систем распознавания образов.

Реконфигурируемые программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС) являются эффективным программируемым ресурсом для реализации АНС, позволяющим различные варианты проектирования, которые можно оценивать в течение очень короткого времени. Они имеют низкую стоимость, легко доступны, а их свойства реконфигурации предлагают гибкость программного обеспечения. Важной проблемой, стоящей перед разработчиками АНС на основе ПЛИС, является выбор подходящей модели ИНС для конкретной микросхемы, которую необходимо реализовать с использованием оптимальных аппаратных ресурсов. Был проведен сравнительный анализ требований к оборудованию для реализации четырех моделей ИНС на программируемых логических схемах с архитектурой FPGA. Выбранные модели включали в себя многослойный персептрон MLP с алгоритмом BP (Back Propagation) и RBF (Radial Basis Function) сети классических моделей, а также две модели SNN - LIF и Spike Response. Эти модели были затем проанализированы на эталонной задаче классификации аппаратных ресурсов ПЛИС. Результаты исследования свидетельствуют о том, что LIF модель могла бы быть наиболее подходящим выбором реализации для нелинейных задач [11].

В результате выполненного в работе анализа возможности выбора

аппаратной платформы для реализации искусственных нейронных сетей можно сделать следующие выводы. Несмотря на существование языков описания аппаратуры высокого уровня, как например, Verilog и VHDL, и компиляторов, для аппаратных проектов нейронных сетей все еще требуются усилия и специальные знания со стороны разработчиков, чтобы оптимально использовать все имеющиеся ресурсы для достижения высокой скорости и низкой рассеиваемой мощности. Правильное отображение моделей искусственных нейронных сетей на параллельных архитектурах, которые обеспечивают эффективное вычисление и коммуникации, таким образом является ключевым шагом в создании любой конструкции АНС. Однако существует необходимость в разработке инструментов для автоматического перевода моделей высокого уровня ИНС на аппаратные средства.

В настоящее время довольно привлекательным вариантом элементной базы для рассмотренных задач является аппаратная реализация на программируемых логических интегральных схемах с архитектурой FPGA, которая позволяет воспользоваться такими преимуществами ПЛИС как аппаратная эффективность и гибкость программного обеспечения. Кристаллы ПЛИС представляет собой очень мощный вариант для реализации аппаратных нейронных сетей, поскольку они действительно могут использовать свои возможности параллельной обработки информации, тем самым увеличивая скорость обработки всей системы.

Библиографический список

1. *Sahin S, Becerikli Y., and Yazici S.* Neural network implementation in hardware using FPGAs. // Proceedings of the 13th international conference on Neural information processing - Volume Part III (ICONIP'06), (2006) P. 1105-1112.

2. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс, 2 ред., Пер. с англ. М.: Издательский дом "Вильямс", 2006.

3. *Schrauwen B., Verstraeten D. and Campenhout J. Van.* An overview of reservoir computing: theory, applications and implementations // Proceedings of the 15th European Symposium on Artificial Neural Networks. 2007. P. 471-482.

4. *Rodan A. and Tino P.* Minimum complexity echo state network. // IEEE transactions on neural networks a publication of the IEEE Neural Networks Council, т. 22, № 1, 2011. PP. 131-44.

5. *Atiya A. F. and Parlos A.* New results on recurrent network training: unifying the algorithms and accelerating convergence // IEEE transactions on neural networks / a publication of the IEEE Neural Networks Council, т. 11, №

3, 2000, P. 697-709.

6. *Rovithakis G.A. and Christodoulou M. A.* Adaptive Control with Recurrent High-order Neural Networks: Theory and Industrial Applications. // Advances in Industrial Control. Springer-Verlag. 2000 P. 5-10.

7. *Misra J. and Saha I.* Artificial neural networks in hardware: A survey of two decades of progress *//*Neurocomput.*74,* 1-3 (December 2010), P. 239-255.

8. *Ortiz J., Ocasio C.* Analog hardware model for morphological neural networks // Proceeding of International Conference on Neural Networks and Computational Intelligence, 2003.

9. *Brown B., Yu X., Garverick S.* Mixed-mode analog VLSI continuous-time recurrent neural network // Proceedings of International Conference on Circuits, Signals and Systems, 2004.

10. *Kim D., Kim H., Han G., Chung D.* SIMD neural network processor for image processing, //Advances in Neural Networks ISNN 2005 3497/2005 (2005) 665–672.

11. *S. Johnston, G. Prasad, L. P. Maguire, T. M. McGinnity.* Comparative investigation into classical and spiking neuron implementations on FPGA // ICANN (1), 2005, pp. 269–274.

HARDWARE REALIZATION OF NEURAL NETWORKS

© T. A. Demenkova, E. V. Shpieva
Moscow Technological University, Moscow, Russia
e-mail: demenkova@mirea.ru

Abstract. Artificial neural networks find broad application in the most different subject domains now. These networks constructed by the principle of the organization and functioning of biological neural networks by the nature demand difficult parallel calculations, therefore the problem of hardware realization is urgent. In work approaches to the choice of a hardware platform for realization of algorithms on basis of artificial neural networks are considered. The principles of the organization and functioning of neural networks, scopes, use of parallel hardware architecture are analyzed. There are investigated the question concerning development of tools for machine translation of models of high level of artificial neural networks on hardware. Concrete examples with use of digital technology, including VLSI with architecture of FPGA are given.

Keywords. Artificial neural networks, hardware realization, VLSI, microprocessors.

УДК 658.5.011

ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОРПОРАТИВНОЙ ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА С ПРОФИЛЬНОЙ ОТРАСЛЕВОЙ СПЕЦИФИКОЙ

© Д.С. Воруничев
Московский технологический университет, Москва, Россия
e-mail: vorunichev@mirea.ru

Аннотация. Рассмотрена структура радиоэлектронной промышленности России. Приведен перечень актуальных систем менеджмента. Проведено функциональное моделирование IDEF0 жизненного цикла радиоэлектронного средства. Предложены методы и инструменты первичной обработки стандартов на предмет повторения и дублирования различных требований.

Ключевые слова. Радиоэлектронная отрасль, крупные интегрированные структуры, системы менеджмента, структура радиоэлектронной промышленности, жизненный цикл радиоэлектронного средства, автоматизация сравнения текстовой части различных стандартов.

Последние несколько лет, в радиоэлектронной промышленности России идет активный процесс реструктуризации отрасли. Происходит объединение ранее разрозненных предприятий в крупные интегрированные структуры с последующим их укрупнением. Производственная кооперация, объединение предприятий в крупные интегрированные структуры широко распространена и на западе. Но главное отличие отечественной отрасли от зарубежных мировых производителей высокотехнологичной продукции состоит в том, что процессы интеграции, укрупнения и кооперации проходят на протяжении достаточно долгого времени и до сих пор в отрасли не завершены.

Радиоэлектронная отрасль России входит в состав ОПК. В соответствии с основами государственной политики в области развития ОПК, утвержденной президентом РФ в 2010 году, системы менеджмента всех предприятий ОПК должны быть сертифицированы на соответствие требованиям государственного военного стандарта ГОСТ РВ 15-002-2003 “Система разработки и постановки продукции на производство. Военная техника. Системы менеджмента качества. Общие требования”. Современная действующая редакция этого стандарта (ГОСТ РВ 0015-002-2012). Кроме этого, в отрасли развивается тенденция к внедрению нескольких систем менеджмента, объединенных в интегрированную систему [1]. Перечень

различных систем менеджмента, актуальных для радиоэлектронной отрасли приведен в таблице 1.

Таблица 1. Системы менеджмента, являющиеся актуальными для радиоэлектронной отрасли.

Стандарт	**Название**
ISO 9001	Система менеджмента качества
ISO 14001	Система экологического менеджмента
ISO 27001	Система менеджмента информационной безопасности
ISO 28001	Система менеджмента безопасности в цепочке поставок
ISO 45001	Система менеджмента безопасности труда и охраны здоровья
ISO 51001	Система энергоменеджмента
ГОСТ РВ 0015-002-2012	СРПП. Система разработки и постановки на производство военной техники. Системы менеджмента качества. Общие требования
AS 9100	Системы менеджмента качества. Требования к организациям авиационной, космической и оборонной отрасли

Существующие стандарты на системы менеджмента носят рамочный характер, без универсальных готовых методик проектирования системы менеджмента конкретного предприятия. Таким образом, сертифицированная система менеджмента конкретного предприятия – уникальна. Должна учитывать как отраслевую специфику, так и сертифицированного предприятия с адресной настройкой. Может включать в себя несколько различных систем менеджмента объединенных в общую единую интегрированную систему предприятия [2].

Происходящие объединения различных профильных предприятий радиоэлектронного комплекса в крупные интегрированные структуры, укрупнения и реструктуризация отрасли ставят задачи интеграции и синхронизации систем менеджмента предприятий в новую единую корпоративную структуру. При решении задач проектирования единой корпоративной системы менеджмента, приходится обрабатывать большой объем стандартов и локальных документов ранее различных структур и предприятий, с актуализацией версий и сроков действия в ручном режиме. В связи с этим актуальным и важным является поиск методов и алгоритмов автоматизации процессов обработки больших объемов стандартов, с целью построения и актуализации единой интегрированной корпоративной системы ме-

неджмента с профильной отраслевой спецификой.

1. Структура и развитие радиоэлектронной промышленности России

Радиоэлектронная промышленность России входит в состав оборонно-промышленного комплекса, выпускает сложную высокотехнологическую продукцию. В результате активного процесса реструктуризации радиоэлектронная промышленность консолидирована в составе государственной корпорации «Ростех», в составе которой более 700 организаций, среди которых крупные холдинговые структуры и концерны. Последнее время продолжается рост объемов выпуска военной и специальной продукции, как на внутреннем рынке, так и поставляемой на внешние рынки [3]. В соответствии с основами государственной политики, в связи с завершением основного этапа перевооружения российской армии запланировано постепенное снижение гособоронзаказа после 2018 года. Одновременно с этим, в соответствии с основами государственной политики, доля современной гражданской продукции выпускаемой на предприятиях ОПК должна составить 50% к 2025 году, в то время как по состоянию на 2017 год этот показатель составляет около 16%. Для решения поставленных задач Ростех и Внешэкономбанк создали совместное предприятие НПО «Конверсия» [4]. Разработана и принята стратегия, которая предполагает изменение структуры отрасли и достижение паритета между продукцией военного и гражданского назначения к 2025 году. Таким образом, на протяжении нескольких лет и в обозримом будущем будет происходить изменение структуры отрасли, решаемые ею задачи, изменение самих организаций функционирующих в среде с быстро изменяющимися параметрами.

Тем не менее, жизненный цикл различных радиоэлектронных средств во многом схож и может быть описан в общем виде при помощи функционального моделирования IDEF0 (рис.1).

2. Автоматизация процессов обработки стандартов

Объединение предприятий радиоэлектронного комплекса в различные крупные интегрированные структуры несет за собой синхронизацию и интеграцию различных систем менеджмента в единую корпоративную систему с отраслевой спецификой. Для интеграции требуется обрабатывать большой объем нормативно-технической документации и стандартов с их актуализаций. В связи с этим актуальным является поиск методов автоматизации первичной обработки стандартов на предмет повторения и дублирования различных требований, а так же их статуса. Поскольку стандарты и документация носит текстовый и графический характер, для ана-

лиза их требований могут быть применены меры схожести текстов.

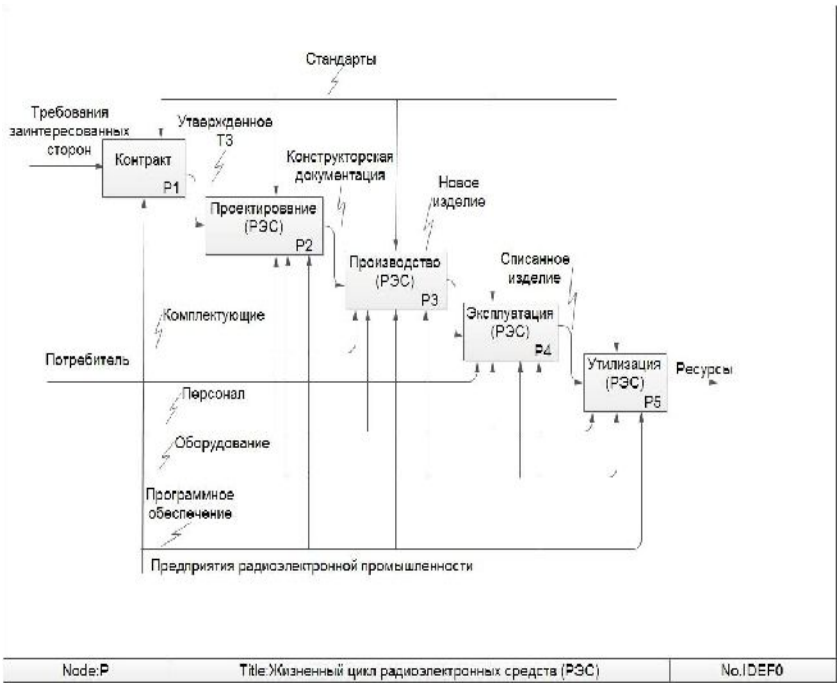


Рис. 1. Функциональное моделирование (IDEF0) жизненного цикла радиоэлектронных средств.

Мера Жаккара. Мера Жаккара или коэффициент сходства. Основана на использовании информации о множестве общих символов. Равна отношению количества уникальных символов в двух множествах к общему числу уникальных символов в двух множествах (1).

$$J(A,B) = \frac{|A \cap B|}{|A \cup B|} \quad (1)$$

Коэффициент Танимото. Способ определения меры схожести двух множеств, рассчитывается по формуле (2).

$$T = \frac{N_c}{N_a + N_b - N_c} \quad (2)$$

где T – сам коэффициент, который принимает значение от 0 до 1 (чем ближе к 1, тем больше сходство между множествами);

N_a – количество элементов в первом множестве;

N_b – количество элементов во втором множестве;

N_c – количество общих элементов в обоих множествах.

Алгоритм шинглов. Алгоритм, который используется для поиска копий и дубликатов текстов, инструмент для выявления плагиата, обработки поисковых запросов. Шингл – небольшой фрагмент текста, состоящий из нескольких слов.

Рассмотренные меры схожести могут быть использованы, в том числе и для решения задач автоматизации первичной обработки стандартов на предмет повторения и дублирования различных требований, а так же определения их статуса.

Библиографический список

1. Воруничев Д.С. Подход на основе управления безопасностью и рисками, как основа для интеграции систем менеджмента // Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения / Материалы Международной научно – технической конференции “INTERMATIC - 2015”. – М.: МИРЭА, 2015. – С. 152-155.

2. Воруничев Д.С. Многокритериальный подход к оценке рисков // Стандарты и качество. 2016. - №1. – С. 53.

3. Радиоэлектронная промышленность [электронный ресурс]. URL: http://minpromtorg.gov.ru/activities/industry/otrasli/radio/

4. Ростех [электронный ресурс]. URL: http://rostec.ru/news/4520460

DESIGNING CORPORATE INTEGRATED MANAGEMENT SYSTEM WITH PROFILE INDUSTRIAL SPECIFICITY

© D.S. Vorunichev
Moscow Technological University, Moscow, Russia
e-mail: vorunichev@mirea.ru

Abstract. The structure of the electronic industry of Russia is considered. The list of actual management systems is given. Functional modeling of IDEF0 of the life cycle of a radio-electronic facility was carried out. Methods and tools for the primary processing of standards for the repetition and duplication of various requirements are proposed.

Keywords. Radioelectronic industry, large integrated structures, management systems, the structure of the radio electronic industry, the life cycle of the radioelectronic facility, automating the comparison of the text part of various standards.

УДК 621.396.67

АНАЛИЗ ИМПУЛЬСНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МЕТАМАТЕРИАЛОВ С ОТРИЦАТЕЛЬНОЙ РЕФРАКЦИЕЙ

© А.А.Троицкий
Московский технологический университет, Москва, Россия
e-mail: artem-troickii@yandex.ru

Аннотация. В работе на основе моделирования дан анализ волновых процессов при отражении наносекундных импульсов различной формы от полубесконечных слоев бинегативных метаматериалов, поскольку изучение их свойств представляет собой актуальное направление в современной радиофизике.

Исследованная минимизация искажений наносекундных импульсов при отражении от полубесконечных и конечных слоев метаматериалов, имеет существенное значение в задачах радиолокации и радионавигации, учитывающих информацию о типе (источнике) сигнала. Предложенный и программно реализованный алгоритм обработки отраженного сигнала, позволяет выявить закономерности между их длительностью и параметрами метаструктур, а также увеличивает эффективность отражения, в том числе от защищенных целей.

Ключевые слова: Метаматериалы, наносекундные импульсы, волновые процессы, дисперсия, преобразование Фурье.

Введение

Разработка современных радиотехнических систем, используемых в технике радиосвязи, радиолокации, радиоастрономии, оборонных областях радиоэлектроники требует новых принципов в построении функциональных устройств и антенн, уменьшения их массогабаритных параметров одновременно с обеспечением широкополосности, надежности и многофункциональности. Удовлетворение таким требованиям невозможно без реализации новых физических явлений, материалов и технологий. В последние годы разработчиков СВЧ устройств и антенн всё больше привлекают новые материалы и среды с необычными электродинамическими свойствами.

В настоящее время метаматериалы в технике антенн в основном применяются для: компенсации реактивности электрически малых антенн в широкой полосе частот; изготовления подложек и излучателей в печатных антеннах для достижения широкополосности и уменьшения размеров элементов антенных решеток и взаимного влияния между ними [1]. Кроме того, они используются для создания узкой пространственной направленности элементарных излучателей, погруженных в метасреду – среду с от-

рицательной диэлектрической ε и (или) магнитной μ проницаемостями [2].

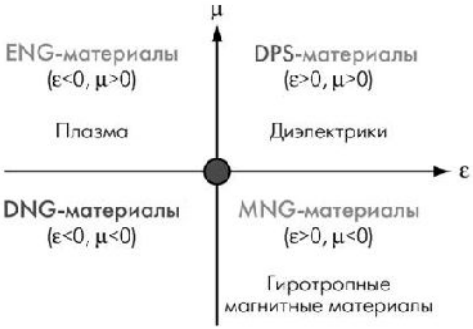


Рис.1. Классификация физических сред в зависимости от знака величин диэлектрической (ε) и магнитной (μ) проницаемостей.

1. Методика расчета

В математическом пакете Mathcad 15.0 (M030) составлены программы для моделирования заданных падающих импульсов, их спектров и отражённых импульсов. Форма имульсов прямоугольная, гауссова и в виде разности полиномов Лагерра.

Для прямоугольного импульса:

$$S_{\text{прям}}(t) = \begin{cases} -1, & 0 \le t \le T \\ 0, & t < 0, t > T \end{cases} \quad (1)$$

Для гауссова импульса:

$$S_{\text{гаусс}}(t) = \begin{cases} 5 \cdot e^{\frac{t}{t}} \cdot e^{-5\frac{t}{t}}, & t \ge 0 \\ 0, & t < 0 \end{cases} \quad (2)$$

Для импульса в виде разности полиномов Лагерра:

$$S_{\text{лагерра}}(t) = \begin{cases} \dfrac{e^{\frac{4-\sqrt{8}}{2}}}{(2 \cdot (4-\sqrt{8}) - \frac{(4-\sqrt{8})^2}{2})} \cdot (2\frac{t}{t} - \frac{1}{2}\left(\frac{t}{t}\right)^2) \cdot e^{\frac{-t}{2t}}, & t \ge 0 \\ 0, & t < 0 \end{cases} \quad (3)$$

Общий алгоритм

1) Рассчитывается форма падающего импульса $S(t)$ какого-либо типа, импульс обычно имеет строго определенную длительность и амплитуду по формулам (1) – (3).

2) Вычислив $S(t)$, с помощью прямого преобразования Фурье находится спектр сигнала $S(\omega)$, либо он рассчитывается по формуле, соответствующей данному типу импульса (например, для прямоугольного это sinc).

3) Рассчитываются коэффициенты отражения R (считается, что коэффициент отражения во всем диапазоне частот $R(\omega) = r(\omega)$ - коэффициенту отражения от полубесконечных сред).

4) Затем вычисляются спектры отраженных сигналов: $S_R(\omega)$. Из спектров с помощью обратного преобразования Фурье находятся формы отраженных сигналов — $S_R(t)$.

5) Выполняется анализ в соответствии с задачей: сколько энергии отразилось, насколько отраженный сигнал соответствует падающему импульсу по форме, и т.п. Строятся графики.

2. Анализ волновых процессов

Представлен анализ отражения заданных наносекундных импульсов от бинегативного метаматериала с диэлектрической ε и магнитной μ проницаемостями

$$\varepsilon = 1 - \frac{4\pi N_e q_e^2}{m_e \omega^2}, \tag{4}$$

$$\mu = 1 - \frac{4\pi N_m q_m^2}{m_m \omega^2}, \tag{5}$$

где N_e и N_m – концентрация электронов в ионосфере и в монополе соответственно; q_e и q_m – заряд электрона и монополя соответственно; m_e и m_m – масса электрона и монополя соответственно.

Основываясь на формулах (4) и (5) можно получить выражения для плазменной частоты

$$\omega_{p_e} = 5{,}64 \times 10^4 \sqrt{N_e}, \tag{6}$$

$$\omega_{p_m} = 5{,}64 \times 10^4 \sqrt{N_m}, \tag{7}$$

где

$$\omega_p = \sqrt{\frac{4\pi \times N \times q^2}{\mathrm{m}}}. \tag{8}$$

Коэффициент отражения от полубесконечных сред определяется стандартной формулой Френеля на границе раздела двух однородных сред

$$r(\omega) = \frac{1 - \sqrt{\varepsilon(\omega)\mu(\omega)}}{1 + \sqrt{\varepsilon(\omega)\mu(\omega)}}. \tag{9}$$

По расчетам В.Г. Весселаго [4] считаем, что коэффициент отражения во всем диапазоне частот $R(\omega)$ равен коэффициенту отражения от полубесконечных сред $r(\omega)$.

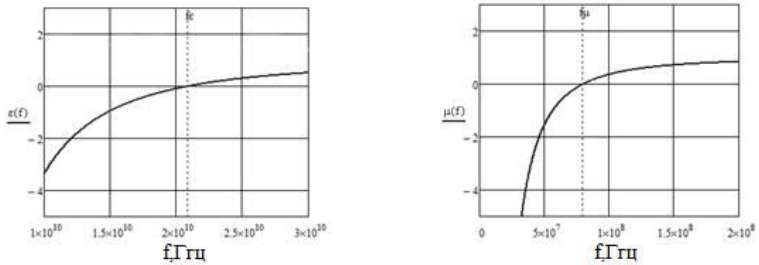
$$R(\omega) = r(\omega). \tag{10}$$

По падении импульса s(t) заданной формы со стороны свободного пространства на границу раздела сред с полубесконечной структурой предполагатся, что волна распространяется вдоль оси ***z***, вектор напряженности электрического поля ориентирован вдоль оси ***y***, а магнитного поля – вдоль оси ***x***

$$E_y(t,0) = E_{y0}s(t);\ H_x(t,0) = E_{x0}s(t), \qquad (11)$$

где – амплитуды соответствующих векторов напряженности подающего поля.

При N_e=5,4·10^{12} и N_m=5·10^{18} [м$^{-3}$], используя формулы (4), (5) получим линейную плазменную частоту $f_{p_e} = 2{,}091 \cdot 10^{10}$ Гц и $f_{p_m} = 7{,}995 \cdot 10^{7}$ Гц. Зависимости эффективных диэлектрической e и магнитной m проницаемостей от частоты представлены соответственно на рис.2.



(а) (б)

Рис.2. Эффективная проницаемость DNG метаматериала:
(а) – эффективная диэлектрическая проницаемость при N_e=5,4·10^{12}
(б) – эффективная магнитная проницаемость при N_m=5·10^{18}.

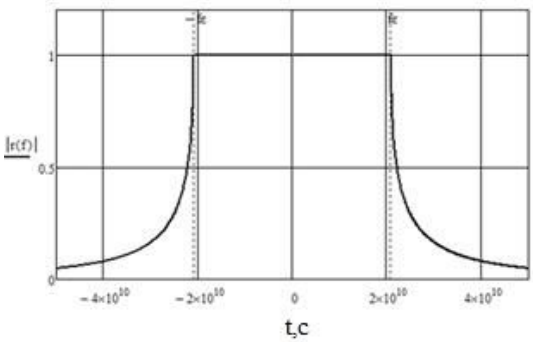


Рис. 3. График коэффициента отражения.

По формуле (10) построим график коэффициента отражения.

Программным способом проведем моделирование отраженных импульсов прямоугольной формы, гауссовой формы и в виде разности полиномов Лагерра от бинегативного (DNG) метаматериала. Оценим влияние концентраций N_e и N_m и длительности импульсов.

Перейдем конкретно к анализу отражения сигналов различной формы.

1. Импульс прямоугольной формы и единичной амплитуды, и длительностью 1 нс.

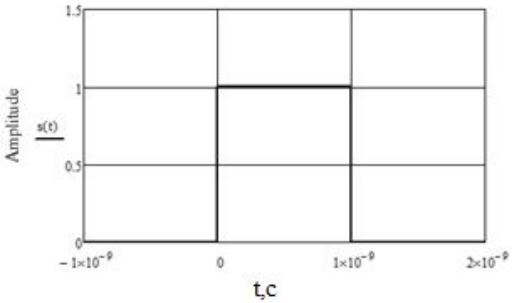


Рис.4. Прямоугольный импульс длительностью 1 нс.

2. Аналогично производится расчет для сигнала формы гаусса, единичной амплитуды, и длительностью 1 нс.

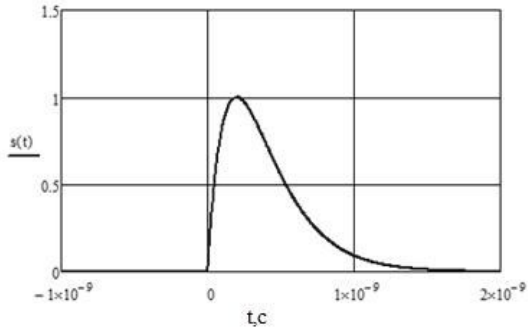


Рис.5. Гауссов импульс длительностью 1 нс.

3. Аналогично производится расчет для импульса в виде разности полиномов Лагерра, единичной амплитуды, и длительностью 1 нс.

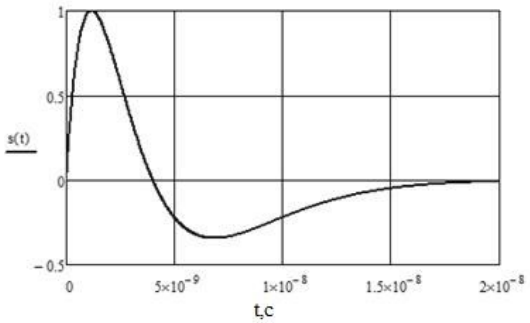


Рис.6. Импульс в виде разности полиномов Лагерра длительностью 1 нс.

Для анализа будем использовать длительности: 1нс, 0,5 нс и 0,2 нс;

концентрации N_{e1}=5,4·10^{12}, N_{e2}=5,4·10^{20}, N_{e3}=5,4·10^{15}; N_{m1}=5·10^{18}, N_{m2}=5·10^{19}, N_{m3}=5·10^{25} [м$^{-3}$]. Наилучший результат выбирается по величине отклонения формы отраженного сигнала от падающего. Сравнение форм сигналов осуществляется путем вычисления величины:

$$d = \frac{\int_{-\infty}^{+\infty} \left(|s(t)| - |g(t)| \right) dt}{\int_{-\infty}^{+\infty} \left(|s(t)| + |g(t)| \right) dt} \qquad (12)$$

где *s(t)* – падающий сигнал, *g(t)* – отраженный сигнал. При $d \le 0{,}1$ формы сигналов можно признавать близкими друг к другу. Знак энергии импульса (положительный или отрицательный) не имеет значения.

Соответствующие графики для отраженных прямоугольного и гауссова импульсов представлены на рис.4 и на рис.5 а для импульса в виде разности полиномов Лагерра на рис.6.

Таблица 1. Оптимальные значения концентраций N_e и N_m и длительности импульсов τ.

для прямоугольного импульса	для импульса в виде формы Гаусса	для импульса в виде разности полиномов Лагерра
N_{e1} =5,4·10^{12}, N_{m3} =5·10^{25}, τ = 1·10^{-9}	N_{e2}=5,4·10^{20}, N_{m3}=5·10^{25}, τ = 1·10^{-9}	N_{e1} = 5,4·10^{12}, N_{m1}=5·10^{18}, τ = 1·10^{-9}

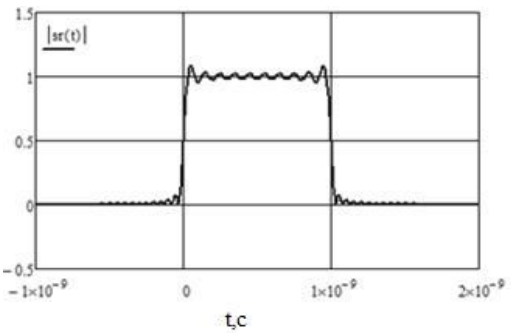


Рис.7. Отраженный прямоугольный импульс.

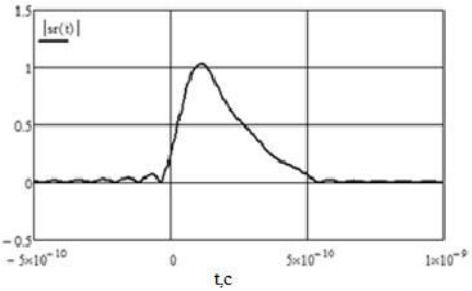


Рис.8. Отраженный и гауссовский импульс.

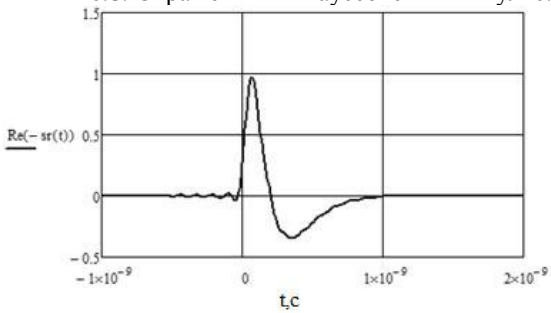


Рис.9. Отраженный импульс в виде разности полиномов Лагерра.

Заключение

Форма импульсов искажается при отражении от полубесконечного слоя бинегативного материала представленного в виде смеси электронов плазмы и газа из магнитных монополей. Наибольшее искажение наблюдается в импульсе в форме Гаусса, а наименее подвержены искажению импульсы в виде разности полиномов Лагерра и прямоугольный. При меньшей длительности форма импульса искажается сильнее. Если подобрать оптимальные значения соотношений концентраций N_e, N_m и длительности импульса, то можно добиться наилучшей картины отраженного сигнала [10].

Библиографический список

1. Слюсар В. Метаматериалы в антенной технике: история и основные принципы // ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес №8. 2009. - с.66-70.

2. Гуляев Ю.В., Лагарьков А.Н., Никитов С.А. Метаматериалы: фундаментальные исследования и перспективы применения // Вестник Российской академии наук, 78, № 5. 2008. - с.438-449.

3. Камайкин В.А. Интегрированная антенна с подложкой на основе метаматериалов на диэлектрических и магнитных резонаторах // Вестник новгородского государственного университета, №75 Т.1, 2013. – с.108-111.

4. Веселаго В.Г. Электродинамика веществ с одновременно отрицательными значениями ε и μ // Успехи физических наук, т.92, №7, 1967. - с.517–526.

5. Будагян И.Ф., Илюшечкин М.Н., Щучкин Г.Г. Анализ формы наносекундных сигналов. Излучение и распространение. LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG. 2012. – 132 с.

6. Будагян И.Ф, Дубровин. В.Ф. Волновые процессы при излучении и распространении электромагнитных волн и наносекундных импульсов – М., 2011. –575 с., электронное издание.

7. Metamaterials: Physics and Engineering Explorations/Edited by N. Engheta and R. W. Ziolkowski. – Wiley-IEEE Press, 2006.

8. J.C. Bose. On the rotation of plane of polarisation of electric waves by a twisted structure. – Proc. Roy. Soc., 1898, Vol. 63, p. 146–152.

9. K.F. Lindman. Om en genom ett isotropt system av spiralformiga resonatorer alstrad rotationspolarisation av de elektromagnetiska vågorna. — Öfversigt af Finska VetenskapsSocietetens förhandlingar. A. Matematik och naturvetenskaper. – Vol. LVII, No. 3, 1914 – 1915.

10.Костин М.С. Электродинамика метакомпозитных сред. Радиофизика отрицательной рефракции. – Германия.: Palmarium Academic Publishing, 2016. – 60 с.

MODELING OF RADIOPHYSICAL CHARACTERISTICS OF META-COMPOSITE MEDIA FROM THE REFLECTED SPECTRUM OF NANOSECOND PULSES IN RADIO WAVE REENGINEERING TASKS

© A.A.Troitskiy
Moscow Technological University, Moscow, Russia
e-mail: artem-troickii@yandex.ru

Abstract. In the work on the basis of modeling, the analysis of wave processes in the reflection of nanosecond pulses of various shapes from semi-infinite layers of binagative metamaterials is given, since the study of their properties is an actual trend in modern radiophysics.

The studied minimization of distortions of nanosecond pulses when reflected from semi-infinite and finite layers of metamaterials is of significant importance in radar and radio navigation problems, taking into account information on the type (source) of the signal. The proposed and programmed algorithm for processing the reflected signal allows us to reveal the patterns between their duration and the parameters of metastructures, and also increases the efficiency of reflection, including from protected targets.

Keywords: Metamaterials, nanosecond pulses, wave processes, dispersion, Fourier transform.

УДК 621.374.33

ТЕХНОЛОГИЯ АТАКТОВОЙ ОЦИФРОВКИ СУБНАНОСЕКУНДНЫХ ИМПУЛЬСОВ В РАДИОФОТОННЫХ СИСТЕМАХ СПЕЦПРОЕКТНОГО РЕИНЖИНИРИНГА

© М.С. Костин, А.В. Шильцин
Московский технологический университет, Москва, Россия
e-mail: budif@yandex.ru, mihailkos@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены принципы высокоскоростной атактовой оцифровки импульсов субнаносекундного диапазона в границах лазерной инфракрасной и радиочастотной областях. Показано, что технология строб-фрейм-дискретизации позволяет с высоким временным разрешением восстанавливать профиль сверхкороткого импульса. Предложенная технология позволяет решать задачи радиофотонного зондирования и реверсного инжиниринга на базе субнаносекундной импульсной локации.

Ключевые слова. Атактовая оцифровка, строб-фрейм-дискретизация, субнаносекундный импульс, радиофотонное зондирование.

Применение гибридных радиофотонных устройств локационного сканирования в границах инфракрасного (ИК) и радиочастотного диапазонов позволило существенно расширить возможности мобильных, стационарных, бортовых и спутниковых систем дистанционного лазерного и радиоволнового зондирования. Главным преимуществом применения импульсных радиофотонных локаторов является их универсальность и возможность за счет использования импульсов субнаносекундного диапазона исследования ряда свойств облучаемых сред и объектов [1]. Поэтому ключевой задачей на пути применения сверхкоротких импульсов (СКИ) в радиофотонных локаторах является поиск принципиально новых методов и технологий их эффективной обработки, полагая, что лазерный ИК-импульс легко преобразовать в радиочастотный сигнал, если принимать его быстродействующим фотоэлектрическим приемником, например на базе ФЭУ.

Технология строб-фрейм-дискретизации (СФД) во многом компенсирует недостатки классического аналого-цифрового приема и технологии масштабно-временной трансформации и не требует высокочастотного тактирования для получения временного разрешения [1]. Электрическая схема на базе технологии СФД не нуждается в весомых затратах на энергопотребление, характеризуется высоким быстродействием и позволяет получить пикосекундное разрешение сигнала во времени. Это соответствует реализуемой на практике частоте выборки от 40 до 100 Гвыб/с. В то же время современные сверхскоростные АЦП параллельного преобразования способны обеспечивать до 3 Гвыб/с, а стробоскопические осциллографы – до 40…80

Гвыб/с при полосе пропускания существенно ниже предельной частоты дискретизации и сложном схемотехническом исполнении [1].

1. Строб-фрейм-дискретизация

Атактовая оцифровка, положенная в основу технологии СФД, предполагает селективное тактирование цифровых элементов схемы устройства. Понятие «атактовая оцифровка» («aclock digitizing») впервые упомянута в работе [2] и предполагает, что частота дискретизации принимаемых радиоимпульсов не зависит от частоты стробирования, задаваемой генератором тактовых импульсов. Атактовая оцифровка СКИ осуществляется за серию стробоскопических циклов (радиоприемов) с частотой на порядки ниже частоты селективного тактирования (частоты дискретизации), так как собственно частота дискретизации СКИ формируется периодом линейной цепочки аналоговых пикосекундных линий задержки (ЛЗ), а серия атактовых импульсов в узлах ЛЗ формируется из одного строб-импульса. Таким образом, принимаемый СКИ может быть восстановлен за цикл из серии радиоприемов, что существенно упрощает стабилизацию частоты строб-импульсов в мега- или килогерцовой области. На рис.1 представлена схема СФД, выполненная на базе ПЛИС (FPGA) (рис.1) [1]. Так, принятый приемным устройством СКИ поступает в цепь двухпорогового энергетического, либо корреляционного обнаружителя corD, как показано на рис.1, и далее на высокоскоростной компаратор DA1, реализованный на базе быстродействующей КМОП-технологии. Предполагается, что пороговое значение компаратора задается динамической пороговой надстройкой уровней. При каждом текущем пороговом состоянии на выходе компаратора формируется последовательный непрерывный набор из единиц и нулей динамического вектора вида [11001011001…] по принципу однобитной оцифровки. При этом каждый элемент вектора в определенный момент времени с некоторым удержанием одновременно поступает на массив параллельных счетчиков, на входе которых установлены быстродействующие *D*-триггеры, определяющие разрешение или запрет счета. Причем в каждом счетчике формируется свой сэмпл – поток мгновенных значений единичных дискретов [3]. Двухступенчатые *D*-триггеры работают в режиме ждущих мультивибраторов и служат в качестве элементов согласования быстродействующей логики с логикой среднего быстродействия, выполняя роль устройств скоростного захвата – «защелки». Объем линейного массива счетчиков может содержать до 1000 элементов 32 разрядных счетчиков, реализованных на базе ПЛИС. Линейный массив счетчиков в каждый цикл стробирования образует фрейм или временное окно дискретов – количество всех выборок сигнала за период сканирования. Полный цикл атактовой оцифровки носит название матричного фрейм-сэмплирования. Количество задействованных счетчиков, период массива ЛЗ, а также шаг квантования могут регулироваться в зависимости от требуемой точности восстановления радиоимпульса.

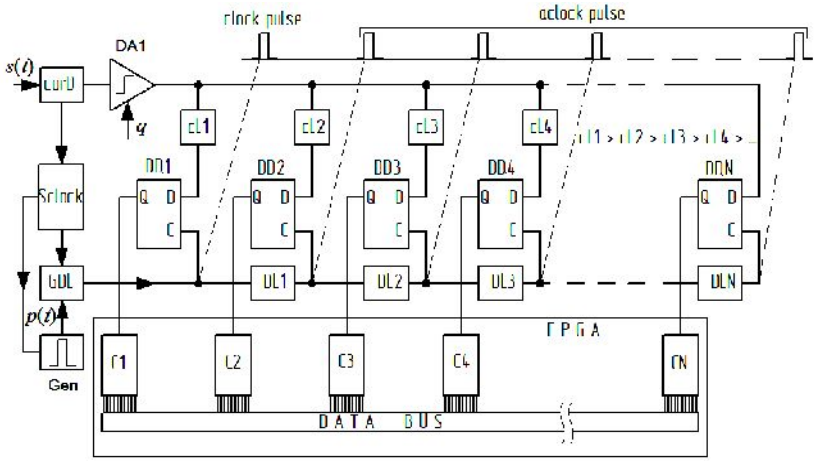


Рис.1. Структурная схема фрейм-дискретизатора: DA1 – высокоскоростной компаратор; DD1…DDN – двухступенчатые D-триггеры; C1…CN – цифровые счетчики; FPGA – ПЛИС; DATA BUS – шина данных; Gen – тактовый генератор строб-импульсов (clock pulse); GDL – глобальная ЛЗ; DL1…DLN – линейный массив пикосекундных ЛЗ, образующих серию атактовых импульсов (aclock pulse); Sclock – блок синхронизации; corD – корреляционный обнаружитель; cL1…cLN – корректирующие ЛЗ.

2. Формирование фрейма выборки данных

Формирование фрейма осуществляется следующим образом. Перед началом дискретизации строб-импульс задерживается при помощи временной задержки фрейма (глобальной задержки), образуя серию атактовых импульсов в узлах соединения линейного массива пикосекундных ЛЗ с входами данных *D*-триггеров. По линейному массиву ЛЗ строб-импульс проходит, минуя каждый триггер с небольшим смещением во времени, равным эффективному шагу дискретизации T_D. Текущий уровень компаратора, подаваемый одновременно на вход данных (*date*) всех *D*-триггеров определяет разрешение или запрет счета в момент времени, когда счетный импульс фрейма минует *i*-ый *D*-триггер. Таким образом, когда текущее мгновенное значение радиоимпульса превышает установленный динамический порог компаратора, на вход данных всех *D*-триггеров поступает «1», передний фронт атактового импульса, бегущего по массиву ЛЗ, «опрокидывает» *D*-триггер и счетчик, соответствующий некоторому моменту времени, пополняется. При этом значение «0» на выходе компаратора (отсутствие превышения динамического порога) будет соответствовать запрету счета. К строб-импульсу не предъявляется строгих требований по крутизне фронтов и минимизации длительности, как это принято в методе масштабно-временной

трансформации, поскольку имеется возможность подстройки его первоначального – «пускового» положения при помощи глобальной ЛЗ.

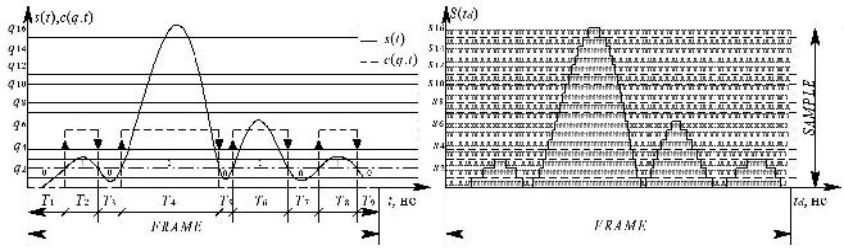


Рис.2. Временные диаграммы атактовой оцифровки СКИ: принимаемый радиоимпульс s(t) (непрерывная кривая) и сигнал на выходе компаратора c(q,t) (пунктирная кривая) – слева; восстановленный радиоимпульс – ступенчатая функция суммарного сэмпла $S(t_d)$, представленная огибающей единичных записей строк матрицы фреймов – справа.

Поэтому длительность строб-импульса может быть достаточно длительной относительно величины фрейма во времени и ограничивается периодом цикла стробирования. Так, на рис.2,слева приведены временные диаграммы реализации атактовой технологии СФД при восстановлении субнаносекундного радиоимпульса $s(t)$ произвольной формы в окне фрейма из 164 счетчиков за 16 циклов ($q_1 \ldots q_{16}$ порогов квантования) стробирования. На рис.2,справа представлена матрица фреймов и восстановленный СКИ с периодом дискретизации 25 пс (зависимость суммарного сэмпла $S(t_d)$ от дискретного времени) – огибающая единичных записей строк матрицы размером 16×164.

В высокоскоростном компараторе аналоговый сигнал радиоимпульса от периода к периоду стробирования последовательно сравнивается с динамическими уровневыми состояниями порогов $q_1 \ldots q_{16}$ и, к примеру, относительно уровня q_5 принимает непрерывные значения 010101010 (рис.2, слева). Временные интервалы $T_1 \ldots T_9$ состояний удержания компаратором непрерывных значений соответствуют пересечениям эпюры СКИ с установленным пороговым уровнем. При этом сумма интервалов T_i равна длительности фрейма, тогда как i-ый интервал состояния удержания состоит из суммы эффективных шагов дискретизации m, попавших в его границы: $m \times_{d(i)} \gg T_i$. Процесс сравнения с одним порогом соответствует единичному циклу. За N циклов в каждом счетчике формируется свой суммарный сэмпл. Так, при эффективном шаге дискретизации 25 пс, соответствующем периоду формирования задержки в массиве ЛЗ или атактовой частоте дискретизации 40 Гвыб/с и 164 задействованных счетчиков, длительность фрейма составит 4,1 нс.

Объем логических единиц сэмпла, пересчитанный в весовые значения шага q порогового квантователя компаратора, определяет мгновенное значение сигнала во временном дискрете – сэмпле.

Таким образом, проектирование фрейм-дискретизатора ограничивается использованием двух элементов быстродействующей логики: высокоскоростного компаратора и согласующего устройства, позволяющего преобразовать импульс пикосекундной в импульс наносекундной длительности, достаточной для того, чтобы его можно было обработать при помощи цифровой логики среднего быстродействия [1,4]. Массив счетчиков и ядро управляемого микроконтроллера реализуются на базе ПЛИС. Подробнее результаты исследования на базе программной модели фрейм-дискретизатора, реализованной в среде Simulink, приведены в работе [4].

Библиографический список

1. Будагян И.Ф., Костин М.С. Атактовая оцифровка сверхкоротких импульсов в гибридных системах радиофотонного сканирования. Журнал радиоэлектроники // [электронный ресурс], 2016. - №3. – URL: http://jre.cplire.ru/mac/mar16/5/text.html (дата обращения 15.05.2017).

2. Будагян И.Ф., Костин М.С. Технология высокоскоростной оцифровки радиоимпульсов субнаносекундного диапазона. // Сб. публ. науч. журнала «Globus» по мат. IV межд. науч.-практ. конф. «Достижения и проблемы современной науки». – СПб.: Научный журнал «Globus», 2015. – С.83-87.

3. Будагян И.Ф., Костин М.С. Фрейм-дискретизация сверхкороткоимпульсных сигналов // Сб. науч. тр. II Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и перспективы развития радиотехнических и инфокоммуникационных систем». – М.: МГТУ МИРЭА, 2015. Ч.1. – С.393-398.

4. Будагян И.Ф., Костин М.С. Субнаносекундная радиоволновая виброметрия. Методы и технологии. – Саарбрюккен, Германия.: Palmarium Academic Publishing, 2015. – 107 С.

ACLOCK TECHNOLOGY DIGITIZATION ULTRA SUBNANOSECOND PULSE IN THE RADIOPHOTONIC SYSTEMS OF RENGINEERING

© *M.S. Kostin, A.V. Chil'tsin*
***Moscow Technological University, Moscow,* Russia**
e-mail: budif@yandex.ru, mihailkos@mail.ru

Abstract. The principles of a high-speed aclock digitization of the pulses subnanosecond range within the boundaries of infrared laser and radiofrequency range are considered. It is shown that the strobe-frame-sampling technology allows high-speed, spatial and temporal resolution to restore the shape of the energy profile of the pulse in the time domain. The proposed technology allows to solve problems radiophotonic probing and reverse engineering on the basis of sub-nanosecond pulse locations.

Keywords. Aclock digitization, strobe-frame-sampling, subnanosecond pulse, radiophotonic probing.

621.3.087.42

АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ И РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

В.Г. Бартенев, С.В. Кадочкин
Московский технологический университет, Москва, Россия
e-mail: bartenev_v@mirea.ru

Аннотация. Предложен новый способ контроля и учета времени наработки информационных и радиотехнических систем, основанный на измерении основных параметров контролирующих их работу, таких как: потребляемые токи, величина подаваемого напряжения на входе, температуру и суммарное рабочее время безотказной работы, которое сравнивается с паспортным значением наработки на отказ применяемой аппаратуры. Вся эта информация, в том числе и уставки на предельно допустимые значения контролируемых параметров могут быть введены и проконтролированы по GSM каналу. Приведена функциональная схема микроконтроллерного аппаратно-программного комплекса использующего данный способ.

Ключевые слова. Цифровые датчики температуры, контроль тока и напряжения, информационные и радиотехнические системы, предельно допустимые параметры, сигнализация об аварийной ситуации.

По мере роста производительности различных процессоров (DSP, ПЛИС) применяемых в информационных и радиотехнических системах заметно увеличилась потребляемая ими мощность от источников питания. И хотя все делается для того чтобы обеспечить безотказную работу таких систем как за счет их резервирования, так и использования мощных вентиляторов снижающих рабочую температуру применяемой аппаратуры. Тем не менее, наблюдающаяся в последнее время бесконтрольная нестабильность напряжения в сети, перекосы фаз питающих напряжений, зачастую приводят к выходу из строя дорогостоящих систем. При этом важно подчеркнуть, что главная опасность состоит даже не в отказе аппаратуры, а в возможности возникновения аварийной ситуации, например, пожара. Таким образом, требуется непрерывный мониторинг информационных и радиотехнических систем, т.е. встроенный своего рода «черный ящик», который бы в случае аварийной ситуации мог дать ответ из-за чего данная авария произошла. Хочу заметить, что данный способ применим вообще к любому радио и электротехническому оборудованию, выход из строя которого, может привести не только к аварии, но даже к экологической катастрофе.

1. Совершенствование метода контроля оборудования

С целью повышения эффективности контроля работоспособности радиотехнического и информационного оборудования предлагается аппаратно-программный комплекс на основе известного способа [1], который включает в себя учет суммарного времени работы контролируемого оборудования на основе регистрации моментов его включения/выключения, даты и времени их включения/отключения и учета числа их включений/отключений, обработку этих данных и их индикацию в том числе и на дисплее дистанционного пульта управления GSM канала связи, при этом фиксацию моментов включения/выключения контролируемого оборудования производят по величинам измеряемых токов, потребляемых контролируемым оборудованием, а рассчитываемое суммарное время работы контролируемого оборудования сравнивают с вводимой средней наработкой на отказ, гарантируемой производителем контролируемого оборудования, и при достижении суммарным временем работы контролируемого оборудования средней наработки на отказ, включают предупредительный сигнал об отработке контролируемым оборудованием своего рабочего ресурса, при этом о нормальном рабочем состоянии контролируемого оборудования судят по величинам потребляемого оборудованием тока, причем величина потребляемого тока сравнивается с вводимыми паспортными значениями тока потребления контролируемого оборудования в том или ином режиме его работы, с отклонениями в рамках допустимых норм, выход за которые фиксируют как отказ контролируемого оборудования и включают аварийную сигнализацию. Кроме того, дополнительно измеряют входное сетевое напряжение и осуществляют измерение температуры оборудования, сравнивают текущие величины измеряемых напряжений и температуры с вводимыми предельно-допустимыми значениями, выход за пределы которых фиксируют как аварийную ситуацию. Причем передача данных о суммарном времени работы контролируемого оборудования и ввод данных о средней наработке на отказ и паспортных значений токов потребления напряжения в сети и температуру оборудования производят через радио модем по GSM каналу с помощью SMS сообщений, а в качестве дистанционного пульта управления используют сотовый телефон или планшет. Передачу данных производят в виде SMS сообщения как по запросу, так и в случае аварийной ситуации с одновременным сохранением этих данных во флеш памяти.

2. Аппаратно-программный комплекс, реализующий предложенный способ контроля

Предлагаемый аппаратно-программный комплекс, включает в себя микроконтроллер, схему часов реального времени с часовым кварцем и батарейкой, схему управления, блок питания, датчик тока напряжения и температуры с однопроводным интерфейсом, радио GSM модем с блоком

сопряжения и флэш память. При этом выходы датчика и схемы часов реального времени подключены ко входам микроконтроллера, а выходы микроконтроллера подключены к флэш памяти и схеме управления.

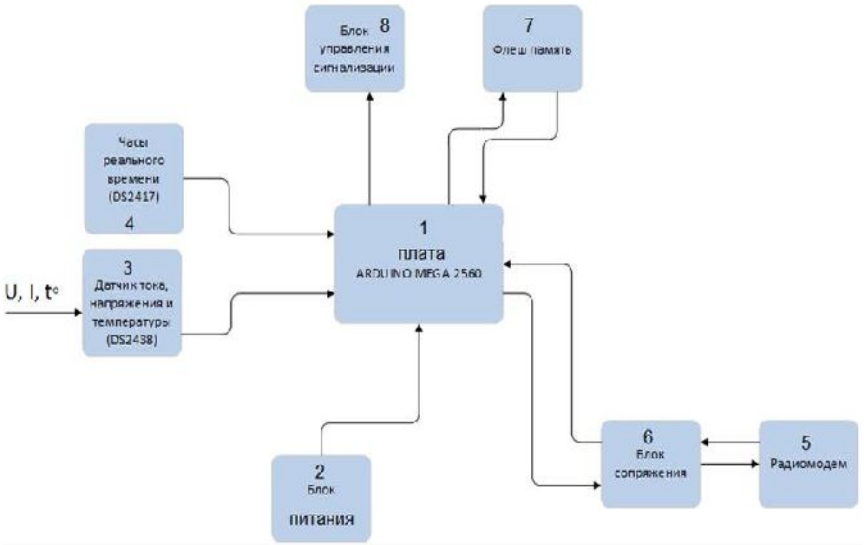


Рис.1. Функциональная схема аппаратно-программного комплекса, реализующего предложенный способ контроля состояния радиотехнических систем: 1 – плата ARDUINO MEGA с 8 разрядным AVR микроконтроллером ATmega2560, 2 блок питания с постоянным напряжением 9В, 3- цифровой датчик тока напряжения и температуры на микросхеме DS2438, 4- часы реального времени на микросхеме DS2417, 5 – GSM радиомодем SIM900, 6- блок сопряжения сигналов интерфейса UART с интерфейсом RS232,7 – флэш память типа SD, 8- блок управления и сигнализации включает в себя электромагнитное реле и звуковой пьезоэлектрический динамик.

Такой аппаратно-программный позволяет полностью реализовать предложенный способ контроля состояния и мониторинга радиотехнического оборудования. Введение датчика напряжения позволяет измерять входное напряжение сети, подаваемого на контролируемое оборудование, преобразовывать измеряемое напряжение в цифровые коды и передавать в микроконтроллер для обработки и тем самым использовать реальный критерий оценки условий эксплуатации контролируемого оборудования для предотвращения отклонений сетевого напряжения от нормы. Введение датчика температуры повышает объективность

контроля состояния контролируемого оборудования. Применение отдельной флеш памяти в виде съемной карты, например SD, позволяет протоколировать все контролируемые параметры как по дистанционному запросу, так и в аварийных ситуациях. Все указанные признаки позволяют реализовать объективный мониторинг за рабочим состоянием контролируемого оборудования, обеспечивая эффективное использование его гарантированного рабочего ресурса.

Схема часов реального времени изготовлена на отдельной съёмной плате с разъемом, позволяющим установку даты и времени производить заранее на отдельном оборудовании. Сохранение даты и времени обеспечивается автономным питанием платы от литиевой батарейки. На рис.1 представлена функциональная схема предлагаемого аппаратно-программного комплекса. В его состав входит (см. рис.1) микроконтроллер, размещенный на плате ARDUINO MEGA 1 с блоком питания 2, датчик тока, напряжения и температуры 3 на микросхеме DS2438 [2], схема часов реального времени 4 на микросхеме DS2417 [3], радио GSM модем 5 с блок сопряжения 6, флэш память 7 и схема управления в виде реле 8, для отключения сетевого напряжения на контролируемое оборудование, включения сигнализации и резервного питания для аппаратно-программного комплекса.

Работа аппаратно-программного комплекса начинается одновременно с включением контролируемого оборудования, когда подается напряжение и на его блок питания 2. Микроконтроллер 1 начинает работу, происходит выполнение управляющей программы, запуск однопроводного интерфейса для инициализации датчика тока, напряжения и температуры. считывание с него данных и контрольных параметров занесенных в энергонезависимую память микроконтроллера 1. Затем сравниваются измеренные значения тока, напряжения и температуры с соответствующими температурной, токовыми и уставками напряжения, введенными с помощью дистанционного пульта - сотового телефона в виде СМС сообщений. Если значения измеренных токов равны нулю, то это означает выключенное состояние контролируемого оборудования, если измеряемые токи больше токовых уставок, но не выходят за пределы допустимых норм, кроме того, если в норме питающие напряжения и температура контролируемого оборудовании, то включается счетчик времени наработки контролируемого оборудования, реализованный программно в микроконтроллере. Во всех других случаях сигнализируется отказ в работе контролируемого оборудования как звуковым сигналом включаемым реле 8. Кроме того, передается соответствующее СМС сообщение по GSM каналу на номер сотового телефона, который используется в качестве дистанционного пульта управления. При превышении суммарного времени безотказной наработки контролируемого оборудования паспортного значения средней наработки на отказ, введенного или с помощью с помощью

сотового телефона в виде СМС сообщения, сигнализируется выработка ресурса контролируемым оборудованием звуковым сигналом, а также передачей соответствующего СМС сообщения по GSM каналу на номер сотового телефон, используемого в качестве пульта дистанционного управления. Одновременно происходит запись всех контролируемых параметров в данной ситуации во флэш память. Данный способ был использован при экспериментальной проверке контроля работы стандартного блока питания компьютера. При этом аварийные ситуации моделировались изменением сетевого напряжения на его входе. Проверка аппаратно-программного комплекса подтвердила высокую эффективность, выявления даже частичных отказов блока питания. В частности, оперативно был зафиксирован отказ из-за перегрева свыше 70 градусов контролируемого блока питания по причине выхода из строя вентилятора. О такой аварийной ситуации было принято сообщение, переданное по GSM каналу аппаратно-программным комплексом.

Библиографический список

1. Бартенев В.Г. Патент «Способ контроля и учета времени наработки электрооборудования и устройство для его реализации», № 2338210, Опубликован 10.11.2008, Бюл. № 31

2. http://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS2438.pdf

3. http://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS2417.pdf

HARDWARE AND SOFTWARE CONTROLING COMPLEX OF THE INFORMATION AND RADIOENGINEERING SYSTEMS WORKING STATE

V.G. Bartenev, S.V. Kadochkin
Moscow Technological University, Moscow, Russia
e-mail: bartenev_v@mirea.ru

Abstract. A new method for monitoring and accounting for the time of operating information and radio engineering systems is proposed, based on measuring the main parameters controlling their operation, such as: current consumption, input voltage, temperature and total working time. All this information, including the settings for the maximum permissible values of the monitored parameters can be entered and monitored via the GSM channel. The functional scheme of the microcontroller hardware-software complex using this method is given.

Keywords. Digital temperature sensors, current and voltage monitoring, information and radio engineering systems, maximum permissible parameters, signaling of emergency situation.

УДК 681.518.3

УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ ШНУРОВАНИЯ ТОКА В СТРУКТУРАХ МОЩНЫХ ВЧ И СВЧ БИПОЛЯРНЫХ ТРАНЗИСТОРОВ

В.А. Сергеев, А.А. Куликов, Р.Г.Тарасов, О.А. Дулов
Ульяновский филиал Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова Российской академии наук, Ульяновский государственный технический университет, Ульяновск, Россия
e-mail:ufire@mv.ru

Аннотация. Принцип работы установки основан на измерении амплитуды переменной составляющей напряжения $\tilde{U}_{\text{эб}}$ на эмиттерном переходе при пропускании через транзистор постоянного эмиттерного тока и подаче на коллектор суммы линейно нарастающего и малого переменного напряжения. Шнурование тока в транзисторной структуре проявляется в возрастании крутизны зависимости $\tilde{U}_{\text{эб}}(U_{КБ})$. Описан алгоритм косвенной оценки напряжения локализации тока в транзисторной структуре по измеренным зависимостям.

Ключевые слова. ВЧ и СВЧ биполярные транзисторы, неоднородность токораспределения, напряжение шнурования тока, неразрушающий контроль.

В [1] показана возможность контроля однородности и устойчивости токораспределения в структурах мощных биполярных транзисторов (МБТ) по зависимости тепловой составляющей коэффициента $h_{12Б}^{T}(U_{КБ})$ внутренней обратной связи по напряжению в схеме с общей базой от коллекторного напряжения. Известно [2], что при появлении неоднородности распределения тока и температуры по площади активной области транзисторной структуры крутизна зависимости $h_{12Б}^{T}(U_{КБ})$ заметно возрастает, а при образовании горячего пятна на этой зависимости появляется излом или скачек.

Структурная схема модернизированной измерительной установки УИТЭП-М для регистрации и измерения указанных зависимостей показана на рис. 1.

Испытуемый транзистор включается по схеме с общей базой. В течение действия управляющего импульса длительностью $t_{изм}$, вырабатываемого схемой управления, через испытуемый транзистор протекает ток $I_{Э}$, за-

даваемый генератором стабильного тока (ГСТ), а на коллектор с выхода усилителя мощности подается сумма линейно нарастающего и синусоидального напряжений:

$$U_{КБ}(t) = U_{KM}\, t/t_{И} + U_m \sin \Omega t, \qquad (1)$$

вырабатываемых генераторами линейно нарастающего напряжения (ГЛНН) и низкой частоты (ГНЧ) соответственно.

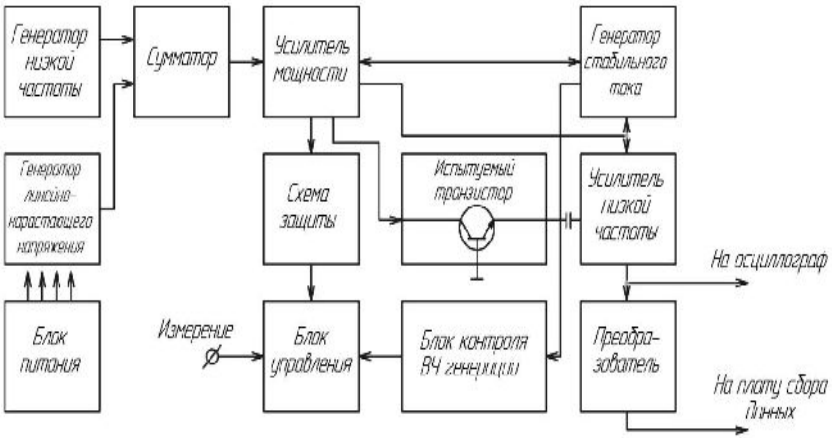


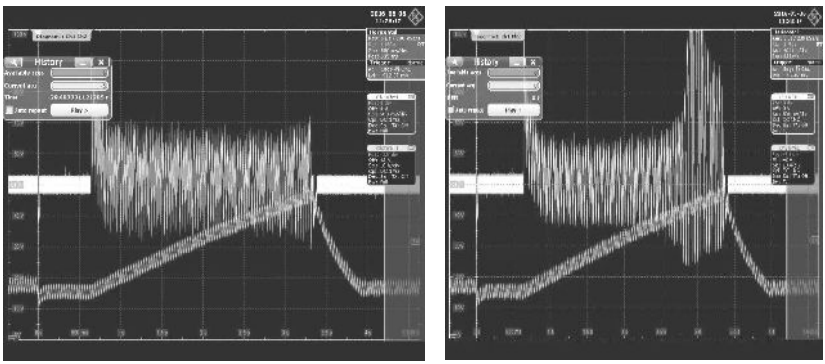
Рис.1. Структурная схема установки для измерения теплоэлектрических параметров биполярных транзисторов

Переменная составляющая напряжения на эмиттерном переходе $\tilde{U}_{ЭБ}$ через разделительный конденсатор C_p поступает на вход усилителя. С выхода усилителя зависимость $\tilde{U}_{ЭБ}(U_{КБ})$ запоминается в памяти компьютера в виде массива дискретных выборок с частотой дискретизации на два порядка большей, чем частота модуляции коллекторного напряжения. Составляющая сигнала, обусловленная внутренней электрической обратной связью по напряжению $h_{12Б}^{ЭЛ}$, исключается путем измерения $\tilde{U}_{ЭБ}$ на частоте w? 10^2W. При больших эмиттерных токах ($I_Э > 0{,}3 \times I_{\max}$, где $I_{\max}$ - максимально допустимый ток для данного типа транзисторов) тепловая составляющая коэффициента $h_{12Б}$ будет во много раз превышать электрическую составляющую $h_{12Б}^{Т} >> h_{12Б}^{ЭЛ}$ и влиянием $h_{12Б}^{ЭЛ}$ можно пренебречь.

Степень неоднородности токораспределения в структуре МБТ оцени-

вается по крутизне зависимости $\tilde{U}_{\text{эб}}(U_{кб})$. Компьютерная программа позволяет вычислить напряжение локализации по результатам измерения $\tilde{U}_{\text{эб}}(U_{кб})$ при трех коллекторных напряжениях на основе системы уравнений, составленной по формулам согласно [5].

Проверка метода проводилась на МБТ типа КТ903, которые могут находиться в режиме «горячего пятна» некоторое время без катастрофического отказа. Зависимости $\tilde{U}_{\text{эб}}(U_{\text{к}})$ для нескольких образцов МБТ при эмиттерном токе 0,5 А, максимальном коллекторном напряжении U_{Kmax} = 50 В, амплитуде переменной составляющей коллекторного напряжения 1 В, частоте 50 Гц и времени нарастания коллекторного напряжения $t_{\text{и}}$ =1с приведены на рис.2.



а *б*

Рис. 2. Зависимости $\tilde{U}_{\text{эб}}(U_{\text{к}})$ транзисторов КТ903А при эмиттерном токе 0,5 А и максимальном коллекторном напряжении U_{Kmax} = 50 В:
а – без образования «горячего пятна»;
б – с образованием «горячего пятна».

Примерно у 30% исследованных приборов наблюдается режим «горячего пятна», которому на зависимости $\tilde{U}_{\text{эб}}(U_{\text{к}})$ соответствует ярко выраженный максимум. Коллекторное напряжение, соответствующее максимуму, согласно [3] принималось за напряжение локализации тока. Для нескольких образцов с явно выраженным шнурованием тока напряжение локализации рассчитывалось по измеренным значениям на начальном участке зависимостей $\tilde{U}_{\text{эб}}(U_{\text{к}})$. Результаты расчета приведены в таблице.

Значения напряжения локализации тока транзисторов КТ903А,

измеренные и рассчитанные по зависимостям $\tilde{U}_{\text{эб}}(U_{\text{к}})$ при токе 0,5 А.

Номер МБТ	Расчетное значение $U_{\text{кл}}$, В, по формуле (9)	Значение $U_{\text{кл}}^{\text{и}}$ по максимуму $\tilde{U}_{\text{эб}}(U_{\text{к}})$, В	Абсолютная разница значений $\Delta U = U_{\text{кл}} - U_{\text{кл}}^{\text{и}}$, В	Относительная разница значений $x = (\Delta U / U_{\text{кл}}^{\text{и}}) \times 100\%$
281	44,8	43,0	1,8	4,3
271	45,4	43,5	1,9	4,6
243	38,4	36,4	2,0	5,7
316	36,7	36,0	0,7	2,0
452	38,3	37,0	1,3	3,5
737	¥	¥	-	-
418	¥	¥	-	-
454	48,6	47,8	0,8	1,7
264	45,0	42,8	2,2	5,0

Значения напряжения локализации, рассчитанные по измеренным значениям на начальном участке зависимостей $\tilde{U}_{\text{эб}}(U_{\text{к}})$, оказались несколько больше, чем наблюдаемые по максимуму на характеристиках $\tilde{U}_{\text{эб}}(U_{\text{к}})$. Одна из возможных причин такого отклонения – уменьшение напряжения локализации с ростом температуры. Эмиттерный переход МБТ нагревается практически линейно с ростом коллекторного напряжения, и расчетное значение $U_{\text{кл}}$ определяется при меньшей температуре, чем температура, при которой реально наступает шнурование. Эту систематическую погрешность можно оценить и учесть при необходимости более точного определения $U_{\text{кл}}$. Для производственного контроля и разбраковки МБТ по устойчивости к шнурованию тока точность метода вполне приемлема. Более того, метод позволяет определить в качестве отбраковочного уровня коллекторное напряжение, при котором неоднородность токораспределения, т.е. крутизна характеристики $\tilde{U}_{\text{эб}}(U_{\text{к}})$, превышает некоторое критическое значение. При достижении критического значения крутизны характеристики $\tilde{U}_{\text{эб}}(U_{\text{к}})$ коллекторное напряжение отключается, что делает метод безопасным и неразрушающим.

Погрешность определения напряжения локализации при этом не превышает 2 В, что вполне приемлемо для целей производственного контроля.

Технические характеристики установки:

Тип испытуемых транзисторов	n-p-n
Диапазон измерения теплового сопротивления, К/Вт	0,1-100,0
Погрешность измерения, %	10
Диапазон тока эмиттера, А	0.1¸ 1.5
Амплитуда коллекторного напряжения, В	50
Амплитуда переменной составляющей $\tilde{U}_к$, В	1
Частота переменной составляющей $\tilde{U}_к$, Гц	30-80
Время измерения, с	не более 2
Питание	
напряжением, В	220
частотой, Гц	50
Потребляемая мощность, Вт	не более 60
Габаритные размеры, мм	485х115х350
Масса, кг	не более 1

Библиографический список

1. Сергеев В.А., Дулов О.А., Куликов А.А. Контроль однородности токораспределения в биполярных транзисторах по зависимости коэффициента внутренней обратной связи от коллекторного напряжения // Изв. вузов. Электроника. – 2009. – №2. – С.10–16.

2. Сергеев В.А., Куликов А.А. Косвенный метод оценки «горячих пятен» в мощных биполярных транзисторах // Радиоэлектронная техника, УлГТУ. – 2012.– С.66-72.

3. Сергеев В. А., Куликов А. А. Неразрушающий метод определения напряжения шнурования тока в мощных ВЧ и СВЧ биполярных транзисторах // Известия вузов. Электроника. – 2014. - №4. – С.46-53.

4. Патент 2537519 Российская Федерация, МПК G01R31/26. Способ определения напряжения локализации тока в мощных ВЧ и СВЧ биполярных транзисторах / Сергеев В.А., Дулов О.А., Куликов А.А.; Ульяновский гос.технический университет.- заявка № 2013134095/28, заявл. 19.07.2013, опубл. 10.01.2015 , бюл. № 1.

5. Патент 2616871 Российская Федерация, МПК G01R31/26. Способ определения напряжения локализации тока в мощных ВЧ и СВЧ биполярных транзисторах / Сергеев В.А., Куликов А.А.; Ульяновский гос.технический университет.- заявка № 2015146219, заявл. 27.10.2015, опубл. 10.01.2017, бюл. № 1.

УДК 621.382.029.6.002

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОЗДАНИЯ КРУПНОСЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА МОЩНЫХ ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ СВЧ УСТРОЙСТВ ДВОЙНОГО ПРИМЕНЕНИЯ

Р.Г.Тарасов, В.А. Сергеев, А.А. Куликов
АО «НПП «Завод «Искра», Ульяновский филиал ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН, Ульяновский государственный технический университет, Ульяновск, Россия
e-mail:ufire@mv.ru

Аннотация. Рассмотрены ключевые проблемы организации крупносерийного производства мощных СВЧ устройств. Отмечается, что ключевым условием стабильного и экономически оправданного производства СВЧ устройств является обеспечение обратной связи между операциями сборки и контроля, позволяющей оперативно выявлять дефекты на ранней стадии производства. Приведена структура и описана работа автоматизированного стенда для измерения параметров приемопередающих модулей АФАР X-диапазона.

Ключевые слова: СВЧ устройства, крупносерийное производство, автоматизация сборки, приемопередающие модули АФАР, диагностика качества, автоматизированный измерительный стенд

Введение

Одним из ключевых направлений инновационного развития перспективных систем радиолокации, навигации и связи является замещение твердотельными транзисторными СВЧ усилителями мощности вакуумных источников сигналов излучения [1]. Особое место здесь занимают устройства двойного назначения. Разработка новых типов систем военно-космической обороны требует совершенно иного подхода к организации производства изделий двойного и специального назначения, в частности многоканальных СВЧ приемопередающих усилительных модулей на различные диапазоны частот.

Доставшиеся в наследство от СССР технологии производства СВЧ устройств на основе электровакуумных и волноводных компонентов не обеспечивают современных потребностей, а имеющиеся отечественные технологии производства на основе твердотельных компонентов позволяют выпускать лишь единичные образцы или мелкосерийную продукцию. При этом непрерывно усложняется архитектура устройств, уменьшаются

габариты компонентов, и увеличивается плотность монтажа [2].

Организация крупносерийного производства СВЧ устройств – острый вопрос развития отечественной радиоэлектронной промышленности, решение которого должно повысить конкурентоспособность отечественной продукции. Основные сложности в серийном производстве СВЧ изделий – высокие требования к стабильности электромагнитных и физических параметров материалов и комплектующих, точность изготовления деталей и компонентов, последующая высокоточная сборка и настройка, обеспечивающая повторяемость параметров [3]. Острой проблемой остается отсутствие отечественной технологии крупносерийного производства СВЧ электронной компонентной базы и соответствующих материалов.

С увеличением диапазона рабочих частот требования к качеству и стабильности СВЧ устройств возрастают. Для обеспечения необходимого уровня качества необходима разработка эффективных автоматизированных систем диагностики СВЧ устройств на разных стадиях производства.

Условия стабильности производства СВЧ устройств

Основа любого крупносерийного производства – автоматизация технологических процессов и уменьшение операций, требующих ручной сборки. При этом повышается стабильность технологических процессов, повторяемость параметров изделий, уменьшается процент брака и затрачивается меньше времени на настройку изделий.

Ниже приведены требования для организации стабильного крупносерийного производства СВЧ-изделий:

· Отработка системы поставки комплектующих (поиск надежных поставщиков).

· Высокий класс точности при изготовлении и сборке механических деталей; обеспечивается за счет современного металлообрабатывающего оборудования и специализированной оснастки.

· Качественное соединение микрополосковых плат с основанием для обеспечения нужного уровня теплоотвода при использовании компонентов с большой рассеиваемой мощностью; реализуется за счет пайки в вакуумных печах, в том числе групповой пайки в специализированной оснастке, использования бесфлюсовых технологии в целях сохранения высокой степени чистоты изделий.

· Применение бескорпусных элементов с лучшими характеристиками и большей степенью интеграции по сравнению с корпусными.

· Монтаж силовых элементов с большой рассеиваемой мощностью на

высокотеплопроводные адгезивы; это дает возможность автоматизации как процесса нанесения адгезива, так и монтажа компонентов, в отличие от традиционных методов монтажа на эвтектические сплавы.

· Применение современных финишных покрытий (ENIG, ENEPIG, «мягкое золото») под пайку, микросварку и в целях защиты от коррозии.

· Автоматизация измерений и использование специализированной оснастки, обеспечивающей повторяемость условий проведения измерений, а также автоматизированных измерительных стендов, повышающих скорость обработки параметров изделий и записи протоколов измерений.

· Стопроцентный контроль (визуальный) изделий на критических операциях; входной контроль комплектующих.

· Поддержание класса чистоты и оснащение производственных помещений антистатической защитой.

Ключевым условием стабильного и экономически оправданного производства СВЧ устройств является обеспечение обратной связи между операциями сборки и контроля, позволяющей оперативно выявлять дефекты на ранней стадии производства. Взаимодействие «снизу-вверх», при котором работник, основываясь на собственном опыте и понимании технологического процесса, выносит предложения по улучшению на рассмотрения руководства. Такой процесс, в отличие от традиционного взаимодействия «сверху-вниз», позволяет более детально прорабатывать вопросы по оптимизации производства, а также улучшает взаимоотношения в коллективе.

Измерение параметров и диагностика качества СВЧ устройств

Организацию диагностического контроля СВЧ устройств рассмотрим на примере организации измерения параметров приемопередающих модулей (ППМ) АФАР X-диапазона.

Основу автоматизированных контрольно-измерительных комплексов для диагностики СВЧ устройств составляют векторные анализаторы цепей. К числу наиболее известных мировых фирм, занимающихся производством векторных анализаторов цепей (ВАЦ) и прочего измерительного оборудования СВЧ-диапазона, можно отнести *Anritsu*, *Advantest* и, главным образом, *Keysight* (*Agilent*) и *Rohde&Schwarz*. Последние две компании считаются мировыми лидерами в области векторных измерений, а их ВАЦ являются наиболее передовыми и функциональными. Поскольку в современных экономических условиях покупка необходимого измерительного оборудования за рубежом становится проблематичной, необходимо развитие российского СВЧ приборостроения. Отечественные анализаторы пред-

ставлены двумя компаниями-производителями – челябинской *ОАО "Планар"* и томской *ЗАО НПФ "Микран"*, являющейся создателем первого в России ВАЦ. Анализаторы этих фирм пока уступают зарубежным, как по качеству измерений, так и по удобству использования. Однако, прогресс в данной области за последние годы неоспорим.

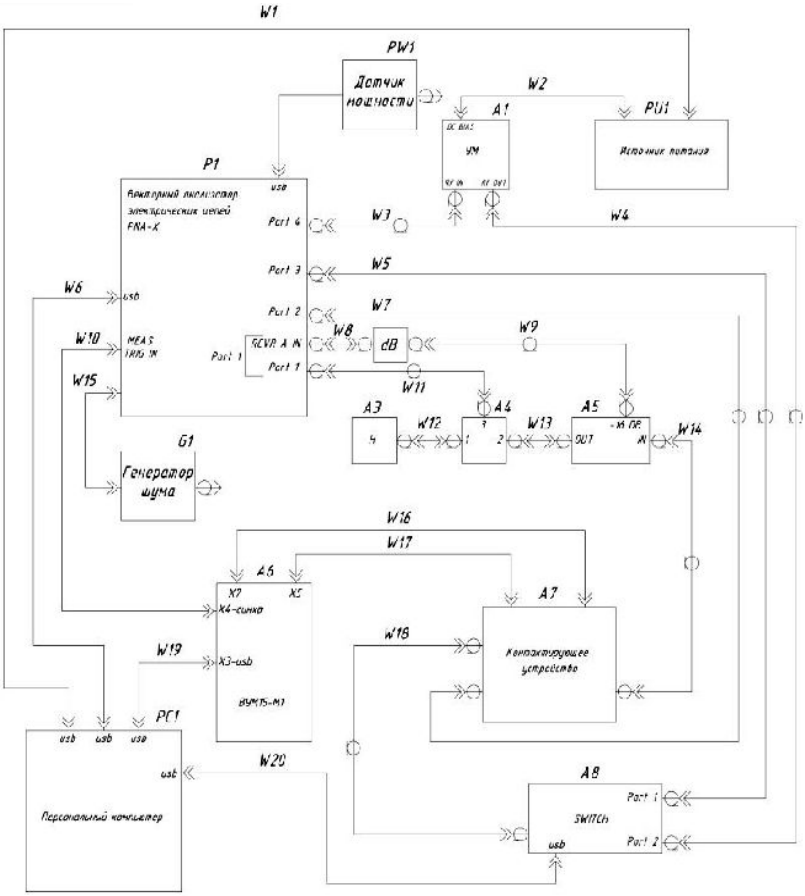


Рис.1. Схема электрическая соединений автоматизированного рабочего места «ВУМ».

Структура автоматизированного рабочего места «ВУМ» для измерения параметров ППМ показана на рис. 1. В состав стенда входят:

P1 − векторный анализатор цепей PNA-X;

PU1 − источник питания N6700B с опциями N6752A;

PC1 − персональный компьютер;

PW1 − датчик мощности U2000B;

A1 − усилитель мощности 83020A;

A2 − аттенюатор;

A3 − нагрузка PE6038, 25 Вт;

A4 − циркулятор коаксиальный трёхпортовый;

A5 − направленный ответвитель Krytar Model 2618

A6 − блок задания режимов работы «ВУМ»;

A7 − контактирующее устройство;

A8 − коаксиальный переключатель U1810B;

W1… W18 − переходные и интерфейсные кабели и кабели питания;

G1 − генератор шума.

При измерении канала ПРД «ВУМ» зондирующий сигнал с порта «Port 4» векторного анализатора электрических цепей PNA-X поступает на усилитель мощности 83020A, где сигнал усиливается до 24 дБ, далее через ключ U1810B попадает на вход канала ПРД «ВУМ». С выхода канала ПРД «ВУМ» усиленный сигнал поступает на направленный ответвитель, на одном выходе он ослабляется и поступает на аттенюатор, где ещё раз ослабляется и поступает на порт «RCVR A IN» анализатора PNA-X. Основной измеряемый сигнал с однонаправленного ответвителя поступает на циркулятор D, а после него попадает на нагрузку, где рассеивается.

Импульсный режим работы канала передатчика обеспечивается подачей импульсного питания на «ВУМ», которое модулируются в блоке задания режимов работы модулей «ВУМ. Для запуска измерения выходной импульсной мощности, подаются синхроимпульсы с выхода X4-СИНХР блока задания режимов работы «ВУМ» на вход MEAS TRIG IN векторного анализатора PNA-X через кабель-переходник BNC.

При тестировании канала ПРМ «ВУМ» зондирующий сигнал выходит с порта «Port l» векторного анализатора PNA-X и поступает на коаксиальный трёхпортовый циркулятор D, далее через направленный ответвитель поступает на канал ПРМ «ВУМ». С выхода канала ПРМ «ВУМ» усиленный сигнал поступает на порт «Port 2» анализатора PNA-X.

С персонального компьютера производится управление ключом, блоком задания режимов работы «ВУМ», источником питания и векторным анализатором электрических цепей PNA-X. Управление производиться специальным программным обеспечениемРезультаты тестирования поступают с соответствующих средств измерений на персональный компьютер и складируются в базу данных специального программного обеспечения управления автоматизированным рабочим местом. Для измерения

электрических параметров субмодулей «ВУМ» в автоматическом режиме разработано специальное программное обеспечение, пользовательский интерфейс которого представлен на рис. 2.

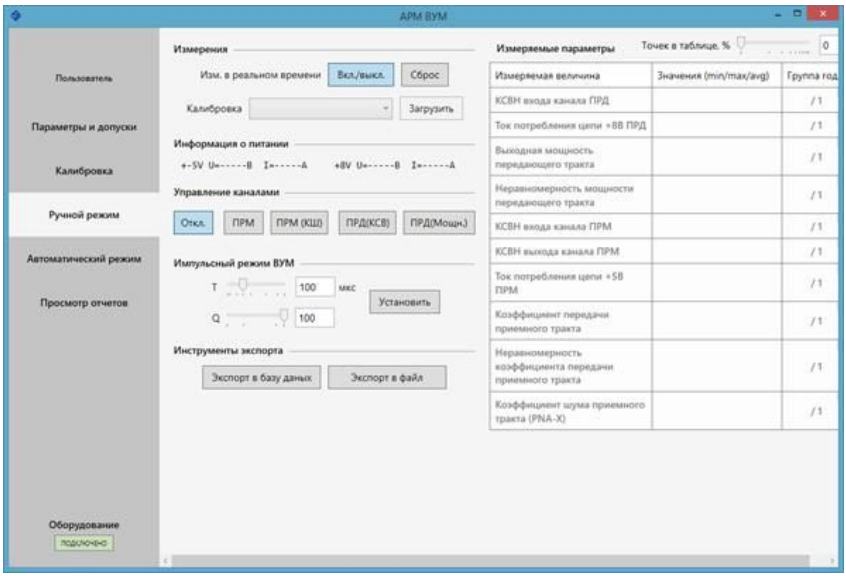


Рис.2. Интерфейс программного обеспечения в режиме ручного режима измерения.

В дополнение к измерению электрических параметров на предприятии выходных усилителей X-диапазона организован диагностический контроль выходных усилителей ППМ X-диапазона локальных перегревов с помощью ИК микроскопа OptoTherm. Контроль температурных полей субмодулей выходных усилителей в номинальных или более жестких режимах работы позволяет эффективно выявлять различные дефекты сборки и пассивных цепей субмодулей [4]. На основе полученных результатов разработана методика диагностического контроля качества субмодулей по локальным перегревам. Указанная методика включена в систему технологического контроля производства ППМ.

Обеспечение производства квалифицированными кадрами

Основа современного производства – высококвалифицированный сотрудник, имеющий высокий уровень мотивации на качественное выполнение работы. Необходимо создание дружественного климата в коллективе, дифференциация задач, стимулирование интереса к профессии, освоение

опыта внедрения передовых достижений отечественных и зарубежных коллег, укрепление связи науки и производства, сотрудничество ВУЗов и предприятий.

С целью более тесной интеграции образования, науки и производства как важнейшего условия повышения качества подготовки специалистов с высшим образованием АО «НПП «Завод Искра» создало базовые кафедры с ведущими вузами региона.

Базовая кафедра УлГУ «Микроэлектроника» организована в 2014 году для обеспечения студентов, аспирантов и ученых вуза учебной, методической и научно-исследовательской работой, расширения и укрепления научных связей университета с производственными предприятиями, заинтересованными в привлечении квалифицированных молодых специалистов.

В том же 2014 году подписан договора между АО «НПП «Завод Искра» и Ульяновским государственным техническим университетом о создании на предприятии базовой кафедры «Радиоэлектронные системы и технологии». УлГТУ взял на себя обязательства по подготовке для предприятия молодых кадров по дисциплинам: «Испытания и диагностика электронных средств», «Проектирование интегральных СВЧ устройств», «Технология производства СВЧ устройств».

В рамках заключенного сотрудничества завод и вуз проводят совместные фундаментальные и прикладные научные исследования по разработке, проектированию и технологии изготовления современных узлов радиоэлектронных средств, в том числе СВЧ диапазона, а также по внедрению современных систем автоматизированного проектирования. Кроме того, предусмотрена адресная подготовка специалистов для предприятия по дополнительным учебным программам, переподготовка и повышение квалификации работников в области современных и перспективных направлений и технологий.

Библиографический список

1. Государственная программа Российской федерации «Развитие электронной и радиоэлектронной промышленности на 2013-2025 годы» // http://government.ru/programs/249/about/

2. Викулов И. Гетерогенная интеграция – новый этап развития интегральной СВЧ-электроники // Электроника: наука, технология, бизнес. – 2016. - №1 – С.104-112.

3. Тарасов Р.Г., Сергеев В.А. Система контроля качества сборки приемо-передающих модулей активных фазированных антенных решеток // Вузовская наука в современных условиях: сборник материалов 51-й научно-технической конференции (23-26 января 2017 года). В 3 ч. Ч.2. – Ульяновск: УлГТУ, 2017. – С. 7-11.

УДК 658.562.3

МЕТОДОЛОГИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ-ПРОИЗВОДИТЕЛЯ РЭС

© А.А. Тихонов, Ю.О.Чухнина
Московский технологический университет, Москва, Россия
e-mail: anatikhonov@yandex.ru

Аннотация. Рассмотрены свойства, специфика, актуальность, и также разработана методология обеспечения информационной безопасности на предприятии изготовителе РЭС. Описываются многочисленные требования, предъявляемые современными стандартами к подобным системам с учётом специфики производства. Данная методика должна обеспечить безопасность защищаемых предприятием данных на всех этапах жизненного цикла изделия.

Ключевые слова. Информационная безопасность, система менеджмента качества, радиоэлектронные средства.

Обеспечение информационной безопасности является неотъемлемой частью организации рабочего процесса на предприятии с присущей той или иной области выпускаемой продукции специфике. Эта безопасность регламентируется согласно международным и государственным стандартам и конкретизируется непосредственно в самой организации. Международный стандарт ИСО 9001 2015 определяет проведение менеджмента качества и устанавливает определенные требования к продукции, важнейшим из которых является удовлетворение потребительских требований к качеству, а также проведение различных мер и действий, направленных на улучшение качества производства. Среди этих мер и средств особое место принадлежит вышеупомянутой информационной безопасности.

1. Особенности проведения информационной безопасности предприятия производителя РЭС

Организация проведения работ по обеспечению информационной безопасности на предприятии изготовителе РЭС имеет как общие черты, характерные процессу защиты информации в любой организации, так и обладает своей спецификой. Поскольку в предприятиях, производящих РЭС, создается внушительный объем информации, содержащей государственную и коммерческую тайну, под которой следует понимать конфиденциальные сведения, являющиеся собственностью предприятия (сюда принято относить данные, которые возможно использовать против интересов фирмы или сотрудников, что вследствие способно нанести определенный ущерб репутации фирмы или принести экономические затраты), то должны быть проведены соответствующие масштабу организации меры по защите информации.

Принципы, на которых формируется система информационной безопасности предприятия, следующие:

1. Профилактика возможных угроз. Система должна обладать таким важным свойством, как своевременность выявления угроз, которые могут появиться в ближайшее время. Это означает, что должны быть заранее разработаны соответствующие профилактические меры.

2. Правовая основа. Разрабатываемая система должна опираться на конкретные документы в рамках действующих правовых актов. Локальные правовые акты предприятия не должны противоречить законам и подзаконным актам.

3. Простота. Система должна содержать оптимальное соотношение компонентов высокой надежности, необходимых для ее функционирования.

4. Управляемость. Должна быть предусмотрена возможность сбора данных касательно всех компонентов и процессов, способная выявлять нарушения информационной безопасности, работы аппаратуры или программ уже на ранних этапах.

5. Эшелонированность. Для каждого канала утечки информации и каждой угрозы безопасности должно существовать несколько защитных рубежей, для преодоления которых злоумышленнику потребуются профессиональные навыки в различных невзаимосвязанных областях.

6. Комплексное использование сил и средств. В рамках проводимых работ должны быть использованы все ресурсы предприятия, каждый сотрудник (с учетом занимаемой должности и профессиональных навыков) вовлечен в данную систему, оповещен и проинструктирован согласно пунктам программы обеспечения информационной безопасности предприятия. Важно соблюдать баланс интересов личности и непосредственно самой организации. На разных уровнях меры противодействия угрозам осуществляются на основе взаимодействия всех подразделений предприятия, а также внешними организациями, способными оказать необходимое содействие в обеспечении безопасности предприятия.

7. Плановая основа деятельности. Обеспечение информационной безопасности предприятия должно осуществляться, учитывая подпрограммы обеспечения по основным видам (экономическая, научно - техническая, экологическая, технологическая и т. д.). Каждый отдел должен разрабатывать планы защиты информации согласно своей компетенции с учетом общей цели организации.

8. Системность. Учёт всех факторов, влияющих на безопасность предприятия, использование всех сил и средств.

9. Совершенствование. Преемственность и непрерывность модернизации мер и средств защиты информационных безопасности позволит использовать систему наиболее эффективно.

Без соблюдения этих условий не удастся отстроить адекватную систему информационной безопасности. Специфическими принципами можно считать следующие:

· превентивный характер обеспечения информационной безопасности по отношению к мерам других видов безопасности;

· информированность объектов безопасности. Все начинается с приема информации, а заканчивается реакцией на полученную информацию. Адекватная информированность означает, что все вовлеченные в организацию обеспечения имеют право владеть информацией о явлениях и процессах, в которых они задействованы и которые их интересуют. Права и свободы общества в вопросах поиска, владения и распространения информации должны регулироваться законодательными актами.

2. Информационная безопасность на протяжении всего жизненного цикла изделия

Содержание основных этапов жизненного цикла продукции для предприятий-разработчиков РЭС и двойного назначения представлено на блок-схеме рис. 1.

Рис. 1 – Жизненный цикл продукции.

Отлаженная система информационной безопасности последовательно влияет на каждый этап жизненного цикла, причем рациональней изначально спроектировать и реализовать ее, чем добавить новую возможность к уже готовой системе.

Рассматривая жизненный цикл в целом, можно выделить вопросы, которые ставит перед собой предприятие на каждом этапе разработки:

· какого рода информация используется на данном этапе?

· какие места могут быть наиболее уязвимы на данном этапе создания изделия?

· какими могут быть возможные последствия нарушения конфиденциальности, целостности и доступности этой информации?

· какие присутствуют (если есть) особенности на этапе цикла, для которых необходимы специальные меры?

- должны ли быть предъявлены особые требования к характеристике персонала, имеющие отношение к безопасности (квалификация, благонадежность)?
- какая существует документация, регламентирующая правила создания, и внутренние правила, которые используются на данном этапе?

Теперь рассмотрим эти этапы конкретно и на каждом отследим специфику:

1. Научные исследования (инициация). На данном этапе выявляется необходимость в проектировании нового объекта, документируется его предполагаемое назначение, характеристики и предполагаемый функционал, определяется степень секретности предполагаемой разработки, задающая уровень бдительности, который организация должна уделять создаваемому проекту в рамках обеспечения информационной безопасности на последующих этапах жизненного цикла. Уточняется, происходит ли модернизация существующего продукта или разрабатывается новый. Помимо вышеописанного оцениваются финансовые и иные ограничения предприятия производителя на выпуск предполагаемой разработки.

С точки зрения информационной безопасности на данном этапе прежде всего необходим анализ и оценка сервиса и соответствующей ему информации, которая будет обрабатываться.

2. Маркетинг. На данном этапе производятся экономические исследования анализа состояния рынка, прогноз спроса на новое изделие, производится подсчет возможных убытков и прибыли, которые способен принести разрабатываемый продукт.

3. Проектирование. Этот этап цикла формирует принципиальные решения, касающиеся разработки моделей и чертежей, расчетов, моделирования процессов и т.п. Более детально определяется штат сотрудников и их доступ к данным проекта. Условно этап можно разделить на выработку концепции (облик) изделия и на испытания пробного образца. К тому же здесь происходит формирование технического задания (ТЗ) согласно требований заказчика.

4. *Подготовка производства.* Здесь происходит разработка технологии изготовления деталей, которые могут производиться для изделия, планируется технология сборки и монтажа с учётом дальнейшего контроля и испытаний, которые в свою очередь также разрабатываются конкретно для разрабатываемого изделия.

5. *Закупка*. Этап составления спецификаций для разрабатываемого проекта, выбор вариантов приобретения и выполнения самой закупки материалов и комплектующих с их входным контролем. В спецификациях детально описываются все сведения о требуемых свойствах, стоимости компонентов.

6. *Производство*. На этапе производства осуществляется сборка изделия, применяются требуемые виды обработки и контроль её результатов, производится включение и настройка средств безопасности изделия.

Сюда же можно отнести и установку произведенного продукта, что

является очень важным этапом, который нельзя недооценивать. Также следует позаботиться об охране помещения и выпуске документации, регламентирующей использование продукта (различные инструкции по отладке и эксплуатации), разработке планов на случай экстренных ситуаций, организации обучения пользователей и т.п.

7. *Проверка и испытания.* На данном этапе произведенное изделие тестируется по требуемым испытаниям. Чем полней и серьезней будет осуществлена проверка и испытания, тем выше вероятность того, что на этапе эксплуатации продукт будет работать согласно своим функциональным возможностям, будет осуществлена гарантированная безопасность эксплуатации.

8. *Упаковка и хранение.* После проведения проверок продукт упаковывается и отправляется на хранение. При этом стоит соблюдать необходимые условия размещения объекта на предприятии, обеспечить контроль доступа персонала к изделию.

9. *Эксплуатация и сервис.* Самый длительный и сложный этап. Огромное внимание здесь необходимо уделить проверке безопасности сервиса для борьбы с эффектом медленных изменений. Стоит учесть, что в процессе эксплуатации то один, то другой пользователь получает дополнительные привилегии. Соответственно, должен быть обеспечен надзор за деятельностью сотрудников в рамках сохранения конфиденциальности данных предприятия.

10. *Утилизация*. При выведении изделия из эксплуатации стоит уделить внимание программным компонентам и данным. В зависимости от их секретности определяются дальнейшие действия. Так аппаратуру и компоненты можно продать, выбросить или оставить для реализации на последующих проектах. При последнем варианте развития событий стоит позаботиться о том, чтобы данные или программный код считывались на другом устройстве. При этом, если данные архивируются в зашифрованном виде, необходимо сохранить средства расшифровки.

Если данные объекта представляют собой нечто, способное нанести экономические (или иного типа) убытки предприятию, негативно сказаться на его репутации и т.п., то в таких специфических случаях целесообразно произвести удаление программ, физическое уничтожение компонентов изделия, хранящих эту конфиденциальную информацию.

При любом из описанных вариантов развития событий нельзя забывать о поддержании конфиденциальности.

3. Защита информации в свете требований стандартов

Стандарты по защите данных определяют минимальные правила, применяемые в случаях, когда собирают и обрабатывают информацию, отражают общие принципы и требования законодательства в области защиты данных.

Современная политика в области безопасности информации определяет наличие у организаций, разрабатывающих средства защиты информации или оказывающих услуги по защите информации, документа, в кото-

ром определены концептуальные и общеорганизационные вопросы информационной безопасности. Традиционно такой документ называется политикой безопасности организации.

Принято понимать под политикой безопасности документ, в котором отражены основные направления, цели и задачи, свои обязательства и важнейшие принципы деятельности предприятия в области защиты информации, официально сформулированные высшим руководством и принятые к обязательному выполнению на предприятии.

Наиболее явно требования к документальному определению вопросов информационной безопасности указаны для предприятий, выпускающих оборонную продукцию, - в ГОСТ 15.002-2003, где предусматривается обязательная программа обеспечения безопасности как часть политики качества. Указанный документ должен включать совокупность процедур, мероприятий и процессов обеспечения безопасности разработки (производства) средств защиты безопасности (составляющей гостайну), согласуется с представителем заказчика и подлежит обязательному контролю.

Разработка политики безопасности организации, как формальной, так и неформальной, - неочевидная задача. Эксперт должен не только владеть соответствующими стандартами и хорошо разбираться в комплексных подходах к обеспечению информационной безопасности организации, но и, например, проявлять способности при выявлении особенностей построения информационной системы и существующих мер по организации защиты информации. Похожая проблема возникает дальше при необходимости анализа соответствия рекомендаций политики безопасности реальному положению вещей: необходимо по некоторому критерию отобрать своего рода «контрольные точки» и сравнить их практическую реализацию с эталоном, задаваемым политики безопасности.

Со становлением новейшей нормативной базы информационной безопасности сформировались основные требования к политике безопасности как концептуальному и общеорганизационному документу по информационной безопасности организации. Детальные требования к содержанию политики безопасности будут определены «Общей методологии оценки безопасности информационных технологий», однако вступивший в силу ГОСТ Р 15408-1-2008 предоставляет средства формализации основных положений политики безопасности.

Таким образом, мы рассмотрели многие вопросы, касающиеся проведения такого важного процесса, как обеспечение информационной безопасности на предприятии изготовителе РЭС. Учитывая всё вышеописанное, стоит сделать вывод о том, что руководство организации должно оказать самое пристального внимание к процессу. Нарушение или несоблюдение правил, экономия на затраты в данной области или элементарная недальновидность руководства в политике обеспечения защиты информации предприятия может обернуться непосильными затратами, которые не всегда возможно будет восполнить.

Библиографический список

1. Галатенко, В.А. "Основы информационной безопасности". – М.:"Интуит", 2013.
2. Бендиков М.А. Экономическая безопасность промышленного предприятия в условиях кризисного развития // Менеджмент в России и за рубежом, 2014 -№2
3. Драга А.А. Обеспечение безопасности предпринимательской деятельности. – М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана. 2014. – 304 с.
4. Экономическая стратегия фирм. Под редакцией Н.Н. Градова. – СПб.: Спецлитература, 2013- 400 с.
5. http://5fan.ru/wievjob.php?id=97944 (дата обращения 08.04.2017)
6. http://securitypolicy.ru/шаблоны/концепция_обеспечения_иб (дата обращения 08.04.2017)
7. http://molum.ru/referat/organizaciya-informacionnoi-bezopasnosti-predpriyatiya.html (дата обращения 08.04.2017)
8. http://extusur.net/content/7_antikrizis/10.html (дата обращения 08.04.2017)
9. http://www.aup.ru/books/m6/8_4.htm (дата обращения 09.04.2017)
10. С. В. Миронов, В. Л. Цирлов "Защита информации. Конфидент" № 2, 2004.
11. ГОСТ РВ 15.002-2003. «Система разработки и постановки продукции на производство. Военная техника. Системы менеджмента качества»
12. ГОСТ Р 15408-1-2008. «Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Критерии оценки безопасности информационных технологий»
13. ГОСТ Р 50922-2006. «Защита информации. Основные термины и определения»

METHODOLOGY OF PROVIDING INFORMATION SAFETY OF THE ENTERPRISE OF THE MANUFACTURER OF RADIOELECTRONIC MEANS

© A.A. Tikhonov, Y.O. Chukhnina
***Moscow Technological University, Moscow,* Russia**
e-mail: anatikhonov@yandex.ru

Abstract. The properties, specificity, topicality are considered, and the methodology of information security at the manufacturer of radio electronic systems is developed. Numerous requirements set by modern standards in view of the specifics of production are described. This technique should ensure the security of the data protected by the enterprise at all stages of the product life cycle.
Keywords. Information security, quality management system, radio-electronic means.

УДК. 65.011.04

РОЛЬ АУТСОРСИНГА В ИННОВАЦИОННОМ РАЗВИТИИ ПРЕДПРИЯТИЯ-ПРОИЗВОДИТЕЛЯ РЭС

© А.П. Тулупников, О.Л.Романова, В.А. Петрухина
Московский технологический университет, Москва, Россия
e-mail: tulupnikovartem@gmail.com, netu_neizvestna@mail.ru

Аннотация. В данной статье проведён анализ аутсорсинга, как способа удешевления вспомогательных процессов на производстве, вследствие чего предприятие может больше сосредоточиться на инновациях. Был проведен анализ статистических исследований о предприятиях, передавших свои процессы сторонним исполнителям, и влиянии этого на их инновационную деятельность.

Ключевые слова. Аутсорсинг, инновация предприятия, эффективность аутсорсинга, аутсорсинг бизнес процессов.

Аутсорсинг (от англ. outsourcing: (outer-source-using) использование внешнего источника и/или ресурса) — передача организацией, на основании договора, определённых видов или функций производственной предпринимательской деятельности другой компании, действующей в нужной области.

1. Аутсорсинг как один из основных инструментов эффективного функционирования предприятий

Проще говоря, аутсорсинг — это экономия различных средств. Возможность снижения стоимости услуг по сравнению с затратами содержание собственной структуры (экономия рабочего места, увеличение затрат — уменьшение налогов). Возможность сфокусировать усилия на процессах, которые непосредственно приносят прибыль компании. Снижение косвенных затрат. Аутсорсинг — это экономия затрат на обучение (получаем готовых «узких специалистов без вложений). А так же добавим сюда отсутствие необходимости увеличивать штат компании за счет непрофильного бизнес-процесса, также он позволяет руководству компании и ключевым сотрудникам целиком сосредоточиться на профильном бизнесе, уделяя ему все внимание. При аутсорсинге происходит перераспределение ресурсов организации, ранее задействованных во второстепенных функциях и направлениях. Аутсорсинг гарантирует постоянную безотказную работу (нет понятия отпусков и больничных). Аутсорсинг — серьезная экономия времени (есть возможность купить готовые решения, инфраструктуры). Аутсорсинг подразумевает большую прозрачность (оценивается не процесс, а результат в готовом виде). Смена поставщика (аутсорсера) проще, чем смена персонала.

При аутсорсинге компания существенно снижает свои риски (разделяя их с аутсорсером). Аутсорсинг «ведет» за собой повышение качества (профессионалы в своем деле, опыт аналогичных проектов).

Но помимо многочисленных плюсов, у передачи процессов другим исполнителям есть и минусы (риски), причём как для передающей стороны так и для исполнителя. Вот примеры рисков Заказчика и способы их избежания:

1. Отсутствие опыта работы с аутсорсингом у Заказчика с одной стороны, и декларируемый опыт у Исполнителя-аутсорсера — с другой. Избежать данной ситуации можно путем «точечных» испытаний, рекомендаций, пробных этапов взаимодействия.

2. Отсутствие стандартов и методологии влечет за собой сложность измерения результата и качества. Избежать подобного можно путем дробления контракта по результату, требованием измеримых стандартов.

3. Отсутствие организационной вовлеченности. Избежать можно путем перекладки ответственности за процесс на сторону Исполнителя.

4. Ожидание невероятного результата

5. Провал внедрения проекта (учет потенциальных и неочевидных потребностей предприятия). Избежать можно заранее подготовив компанию к внедрению.

6. Потеря критических знаний для бизнеса внутри компании (утечка конфиденциальной информации).

7. Неопытность в процедурах соответствия. Компании необходим контролер процесса предоставления услуг, который будет оценивать эффективность работы и привязку аутсорсинговых услуг к общей бизнес-стратегии.

8. Недостаток эффективного проектного управления.

9. Возможное снижение производительности труда собственного персонала (потеря мотивации, оценка изменений как негативных).

10. Возможность расторжения контракта с аутсорсером (банкротство аутсорсера, возврат функций вовнутрь бизнеса). Необходимо предусмотреть возможность отчуждения, документированной системы или возврата собственности.

11. Внеплановые временные затраты — успех во взаимодействии (активное участие заказчика: функции постановщика задач, мониторинг и приемка работ, внедрение.)

12. Налоговые риски. Повышенные риски и интерес к договорам услуг и сложность подтверждения экономической выгоды.

Однако помимо «ловушек» аутсорсинга для Заказчиков, есть «ловушки» и для Исполнителей:

1. Договор аутсорсинга заключается обычно на длительный период, а это значит, что существует опасность будущих издержек и рисков, т.к. возможен вариант кабальной зависимости от заказчика, работая длитель-

ный период без прибыли, а порой и с убытками.

2. Реорганизация им процессов оказания услуг предприятия может побудить его руководство досрочно завершить контракт и снова передать функции обслуживания переданных бизнес-функций внутреннему подразделению, но уже в соответствии с новыми процессами.

3. Ожидание невероятного результата.

4. Изменение потребности (осознания возможностей) в процессе исполнения Договора.

5. Изменение кредитоспособности Заказчика при запланированных ресурсах и непродаваемом уникальном продукте.

2. Инновации предприятия и их связь с долей работ по аутсорсингу. Оценка эффективности

Новое аналитическое исследование в области стратегического аутсорсинга уверяет, что как только предприятия передают на аутсорсинг свои бизнес-процессы, их внимание быстро переключается от экономии к инновациям.

В отчете обобщены мнения 588 руководителей компаний, специализирующихся на оказании услуг аутсорсинга. Основной фокус исследования - разделяемые услуги и аутсорсинг сетевых сервисов.

Данное исследование показало, что половина компаний, передающих на аутсорсинг бизнес-процессы (BPO), недовольны инновационной составляющей аутсорсинга. Однако большинство респондентов видят в аутсорсинге значительный потенциал для достижения своих целей в течение двух ближайших лет. Высокий инновационный потенциал респонденты присвоили специализированным отраслевым (например, финансовым), аналитическим и иным бизнес-процессам, таким как закупки и поставки, а также найм персонала.

Основные выводы исследования:

· 43% лиц, принимающих решения о покупке услуг аутсорсинга, в настоящее время видят в инновациях важнейшую составляющую BPO;

· половина компаний разочарована своим текущим положением касательно инноваций;

· лишь половина предлагаемых сегодня на рынке BPO-услуг способна стимулировать инновации;

· такие процессы, как обслуживание клиентов, найм персонала, расчет заработной платы и управленческая отчетность не удовлетворяют сегодняшним ожиданиям заказчиков с точки зрения инновационной составляющей;

· существует огромный среднесрочный потенциал для инноваций через отраслевые процессы, аналитику и иные области;

· основными препятствиями на пути заказчиков к инновациям яв-

ляются неэффективное управление изменениями, отсутствие коммуникаций, а также слабые внутренние управленческие команды.

Комментируя результаты исследования стоит отметить, что как заказчики, так и поставщики услуг аутсорсинга бизнес-процессов тесно сотрудничают друг с другом для достижения нужного результата. Слишком много корпоративных заказчиков прельщаются не первоначальной стоимостью аутсорсинга, а будущими инициативами. Они пытаются выйти на нужный уровень производительности за счет совершенствования процессов, опыта персонала и технологий.

Вместе с тем теория аутсорсинга и практика его применения на предприятиях нуждается в дальнейшем развитии. В частности, требуется разработка методов оптимизации и оценки эффективности процессов аутсорсинга. В этой связи, предлагается следующий подход к оценке эффективности аутсорсинга на предприятии.

Аутсорсинг бизнес-процессов включает передачу посторонним организациям (в качестве которой, например, выступает фирма-аутсорсер) некоторых бизнес-процессов, не являющихся для предприятия основными. Как правило, в их числе на аутсорсинг наиболее часто передаются следующие: бухгалтерский учет, юридическое сопровождение, маркетинг, управление кадрами и т.д. Перевод некоторых функций и процессов в разряд непрофильных позволяет предприятию снизить объем затрат на их осуществление.

Например, при осуществлении аутсорсинга $ФП_а$, часть функций (работ, видов деятельности) предприятия (ФП) передается внешнему исполнителю $Ф_а$ что приводит к сокращению их количества:

$$Ф_а = (ФП - Фа).$$

При этом, соответственно, должны снизиться и затраты предприятия на выполнение передаваемых функций. Суммарные затраты предприятия на исполнение функций (ЗФП) так же снижаются за счет передачи их определенной части фирме-аутсорсеру ($ЗФ_а$). При этом, однако, образуются дополнительные затраты предприятия на осуществление услуг фирмой-аутсорсером (ЗА):

$$ЗФП1=(ЗФП0-ЗФ_а)+ЗА ,$$

где ЗФП0 и ЗФП1 — суммарные затраты предприятия на исполнение функций соответственно до и после аутсорсинга.

В целом аутсорсинг для предприятия экономически выгоден, если соблюдаются условия:

$$(ЗФП1 + ЗА) < ЗФП;$$

$$ЭУП1 > ЭУП0 ,$$

где ЭУП0 и ЭУП1 — эффективность управления предприятием соответственно до и после аутсорсинга.

При расчете экономического эффекта использования аутсорсинга может быть использован метод абсолютной или сравнительной эффективности.

3. Эффективность аутсорсинга на предприятие

При расчетах экономической эффективности аутсорсинга должно быть обеспечено «условие равенства эффектов сторон», предусматривающие:

- учет всех прямых сопутствующих выгод и потерь всех участников аутсорсинговых процессов, а также качественных изменений в сопряженных сферах деятельности;
- анализ затрат и результатов в различные периоды времени и в связи с этим приведение их к единой точке отсчета времени;
- оценку затрат и результатов аутсорсинга за весь срок его применения;
- учет риска и неопределенностей, образуемых в процессе аутсорсинга при расчете показателей эффективности;
- многовариантность методов расчета затрат и результатов на стадиях жизненного цикла аутсорсинга.

С учетом приведенных условий, наряду с выгодой для предприятия-заказчика, процесс аутсорсинга должен быть адекватно привлекателен и для специализированных фирм инфраструктуры, которые выполняют функции исполнителя заказов. Для данных фирм аутсорсинг привлекателен, если он обеспечивает: 1) стабильность взаимодействия с предприятием-заказчиком услуг; 2) возможность получения эффекта на масштабе (например, за счет привлечения большого числа заказчиков); 3) повышение дохода за счет улучшения кооперации и специализации.

В целом критерием оценки применения организационно-экономического механизма аутсорсинга является совокупный эффект, получаемый экономикой региона, величину которого можно определить по следующей формуле:

$$Э_а = \sum_{i=1}^{n} Э_{пп} + \sum_{i=1}^{m} Э_{ас} \rightarrow max,$$

где $Э_а$ — совокупный эффект за счет аутсорсинга; $Э_{пп}$ — эффект совокупности предприятий-заказчиков; $Э_{ас}$ — эффект фирм-аутсорсеров; n — количество предприятий-заказчиков; m — количество фирм-аутсорсеров.

При этом эффект каждого участника интеграционного взаимодействия в рамках аутсорсинга (ЭУ) можно рассчитать как:

$$\Delta П = \sum_{i=1}^{n} i\left(\Delta \vec{I}_1 + \Delta \vec{I}_2 + \cdots \Delta \vec{I}_n\right)$$

где ΔI — прирост отдельного показателя оценки деятельности предпри-

ятия (объема продукции, производительности труда и т.д.).

В случае разновременности этапов осуществления процессов аутсорсинга (вложения затрат и получения результатов), следует использовать метод приведения их к одной базе времени — расчетной дате (году). За расчетную дату принимается период, предшествующий началу осуществления затрат на аутсорсинг. Приведение затрат и результатов требует применения метода дисконтирования, который широко используется в расчетах определения целесообразности и эффективности вложения инвестиций . Так, например, для расчета показателя эффективности применяется чистый дисконтированный доход (ЧДД), который характеризует денежные поступления и суммарные затраты, приведенные к единому моменту времени.

ЧДД рассчитывается по следующей формуле:

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=1}^{T} (P_t - \text{з}_t) d_t$$

где: P_t — приток средств за t-й шаг расчета (например, выручка от реализации), руб.; Зt — затраты на производство и реализацию продукции за t-й шаг расчета, руб.; Т — расчетный период (горизонт расчета), лет; d — коэффициент дисконтирования.

На каждом шаге осуществления аутсорсинга ЧДД позволяет рассчитать стоимостной результат в виде сальдо между притоком денежных средств и их оттоком, равным понесенным на это затратам.

При ЧДД > 0 процесс аутсорсинга можно считать экономически выгодным. Он обеспечивает реальный доход за расчетный период.

При ЧДД < 0 процесс аутсорсинга экономически невыгоден и может привести к реальным потерям.

Положительная величина ЧДД за расчетный период является условием экономической целесообразности осуществления аутсорсинга. При сравнении альтернативных вариантов лучшим признается вариант, у которого величина ЧДД максимальна.

По мере необходимости исчисляются и другие показатели экономической целесообразности осуществления аутсорсинга: рассчитывается относительный показатель эффективности (доходности), характеризующий экономию, приходящуюся на один рубль вложений (индекс доходности — ИД), внутреннюю норму доходности (ВНД), как ставку дисконта, при которой обеспечивается равенство стоимости ожидаемых денежных оттоков и ожидаемых денежных притоков по каждому году расчетного периода и т.д.

Обязательно следует рассчитать срок окупаемости аутсорсинга, как период (измеряемый в годах и месяцах) начиная с которого первоначальные вложения и другие единовременные затраты на его осуществление покрываются суммарными доходами. Срок окупаемости показывает продолжительность времени, в течение которого поступления денежных средств превысят сумму единовременных затрат на осуществление аутсорсинга.

Заключение

Аутсорсинг позволяет распределять постоянные издержки предприятия на другие фирмы и на большее количество выпускаемой продукции. Аутсорсинг предприятий вполне может обеспечивать экономию за счет концентрации части функций предприятий, например, маркетинга на специализированных фирмах. Возможна также передача функции сбыта фирмам, имеющим развитую сеть дистрибьюторов и т.д. Благодаря комбинированию взаимодополняющих друг друга ресурсов. Аутсорсинг повышает гибкость и возможность для рыночного маневра с целью обеспечения более выгодного сочетания факторов и ресурсов по сравнению с другими предприятиями, позволяет использовать многоканальные источники ресурсов внешней среды, операционализировать стратегические цели и добиться результата, который нельзя получить при аналогичных затратах, но с использованием других подходов к управлению предприятиями. Аутсорсинг позволяет обеспечить экономию затрат за счет снижения доли трансакционных издержек, которые неизбежны в современных рыночных отношениях.

Библиографический список

1. Журнал «Справочник экономиста» № 11, 2010.
2. Инфопортал: www.outsourcing.ru
3. Евдокимов Н.А. «Аутсорсинг и инсорсинг как инструменты управления затратами».
4. Инвестиционное проектирование: Практическое руководство по экономическому обоснованию инвестиционных проектов / С.И. Шумилина (отв. редактор) и др.-М: АО Финстатитинфом, 1995.
5. Самойлов В. «Экономика аутсорсинга». 2009 // http://www.outsourcing.ru/content/rus/247/2470-article.asp.

OUTSOURCING AND IT'S ROLE IN INNOVATIVE DEVELOPMENT OF THE COMPANY

© ***A.P. Tulupnikov, O.L. Romanova, V.A. Petruchina***
Moscow Technological University, Moscow, Russia
e-mail: tulupnikovartem@gmail.com, netu_neizvestna@mail.ru

Abstract. The article features an analysis of outsourcing as a way to reduce the cost of non-primary business processes to concentrate on innovations. Statistical research analyzed shows that companies that use outsourcing can focus on their primary processes as well as on innovative development..

Keywords. Outsourcing, company innovations, outsourcing effectiveness, business processes effectiveness.

УДК 65.011.46

ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ ЗАТРАТ НА КАЧЕСТВО ПРИ ПОДДЕРЖАНИИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА РЭС

© Д.А. Бондаренко, М.А. Утешев, Г.Г. Хадисов
Московский технологический университет, Москва, Россия
e-mail: dimitry-1995@mail.ru,gx-6756@mail.ru,guitarheroe2012@ya.ru

Аннотация. Рассмотрены основополагающие принципы формирования затрат на качество радиоэлектронных изделий при поддержании их жизненного цикла. Показано как затраты влияют на качество изделий РЭС и их конечную стоимость. Приведено на что идут основные затраты, причины этого и приведены критерии, по которым оценивается влияние затрат на качество.

Ключевые слова. Затраты на качество, принципы формирования затрат, критерии оценки затрат на качество.

Стремительные темпы технического прогресса требуют поддержания жизненного цикла изделия, при котором суммарные затраты на разработку и внедрение в эксплуатацию были бы минимальны, наряду с высоким уровнем экономической эффективности.

1.Этапы жизненного цикла

В жизненном цикле изделия можно условно выделить два периода. Первый - в течение которого осуществляется разработка новой продукции. Второй - в течение которого новая продукция осваивается, производится и реализуется до прекращения выпуска и утилизации. В первый период жизненного цикла изделия входит полный комплекс работ по созданию и разработке новой продукции:

1. Научно-исследовательская разработка (НИР). На этой стадии проходят проверку новые идеи и изобретения. Теоретические предпосылки решения научных проблем проверяются в ходе опытно-экспериментальных работ.

2. Опытно-конструкторская разработка (ОКР). На этой стадии идеи и решения, возникающие в процессе НИР, реализуются в технической документации и опытных образцах.

3.Конструкторская подготовка производства (КПП). Осуществляется проектирование нового изделия, разрабатываются рабочие чертежи и техническая документация.

4.Технологическая подготовка производства (ТПП). Разрабатываются и проверяются новые технологические процессы, проектируется и изготавливается технологическая оснастка для производства изделия.

5.Организационная подготовка производства (ОПП). На этой стадии выбираются методы перехода на выпуск новой продукции, проводятся расчеты потребности в материалах и комплектующих изделиях, определяются продолжительность производственного цикла изготовления изделия, размеры партий и пр.

6. Отработка изделия в опытно-ориентированном производстве (ООП). Осваивается выпуск опытного образца (опытной партии), проводится отладка новых технологических процессов.

Во второй период жизненного цикла включается освоение изделия в опытно-серийном производстве (ОСП). На этой стадии возникают конструкторские изменения, изменения в технологических процессах, корректируется уровень оснащенности производства специальными видами оснастки и оборудования. Точное соблюдение технологического процесса - одно из важнейших организационных условий повышения результативности выпуска нового изделия, включая высокое качество при минимальной себестоимости продукции.[1]

2.Анализ и оценка затрат

Для достижения требуемых показателей необходима информационная поддержка процессов, протекающих на всех этапах жизненного цикла изделий радиоэлектронных средств (РЭС). Требуется провести ряд мероприятий, направленных на повышение эффективности производства.

Организация должна определить сроки и этапы выполнения работ. Необходимо согласовать объем научно-технической документации на стадиях проектирования и разработки продукции. Для поддержания жизненного цикла продукции требуется закупить материалы, оборудование, оснастку и т. д. Работы по мониторингу, документальные записи результатов работ, свидетельствующих о благоприятном протекании процессов жизненного цикла, необходимы для подтверждения соответствия продукции установленным требованиям заказчика. Подобное планирование работ способствует своевременному принятию мер, направленных на контроль и испытания выпускаемой продукции, при минимальных затратах на производство.

В рамках современных концепций качества определение, анализ и оценка затрат являются первоочередными задачами. Затраты выступают как внутренняя экономическая основа системы менеджмента качества

(СМК), позволяющая определить экономические последствия любых управленческих решений. Информация о затратах служит основой для принятия стратегических, тактических и оперативных управленческих решений с учетом потребностей всех заинтересованных лиц, что способствует росту эффективности производства, повышению рентабельности и возрастанию конкурентоспособности продукции. Оценка эффективности затрат является одной из ключевых составляющих процесса управления в рамках СМК предприятия, направленных на снижение себестоимости продукции.

Проанализировав рынок продукции радиоэлектронных средств, выпускаемых предприятиями России, мы выделили среди прочих основные затраты на качество при производстве РЭС. Результаты представлены на рисунке ниже.

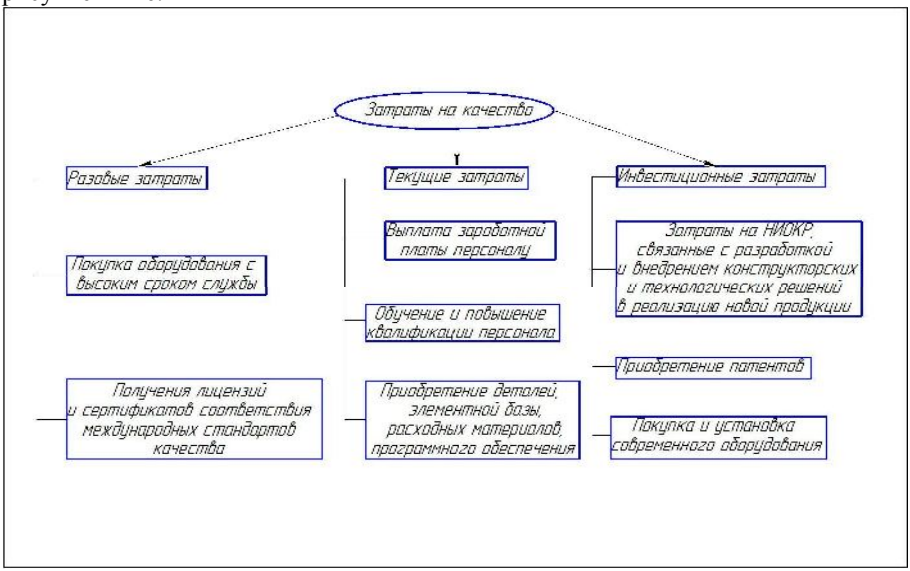


Рис.1. основные затраты на качество при производстве РЭС

Рассмотрим понятие результативность. Результативность, по терминологии ИСО - это степень реализации запланированной деятельности и достижения запланированных результатов.

В настоящее время принято считать, что эффективность (результативность) процессов и СМК в целом, следует определять, прежде всего, как экономическую эффективность, устанавливая связи между внедрением СМК и финансовыми показателями деятельности предприятия.

Оценка затрат на качество лежит в основе оценки экономической эффективности СМК предприятия.

На практике, эффективность СМК обычно оценивают двумя базовыми способами. Первый - оценка экономической эффективности (то есть по достигнутому уровню экономической эффективности в результате применения СМК). Второй - определение соответствия требованиям (то есть по критерию соответствия уровня систем менеджмента качества установленным требованиям, и по оценке степени влияния отдельных элементов СМК на функционирование предприятия в целом и на уровень качества его продукции).

Как показывает практика, в этих целях используют результаты внутреннего и внешнего аудита. Аудиты применяются для оценки эффективности СМК и определения возможностей её улучшения. Это требуется для определения степени выполнения требований к системе менеджмента качества, нахождения в ней каких-либо несоответствий и поиска причин этих самых несоответствий с последующим их устранением путём специальных воздействий.

Для оценивания затрат на качество при производстве РЭС мы рекомендуем использовать составленный нами алгоритм управления затратами на предприятии изготовителе РЭС. Особенностью преложенного нами алгоритма является то, что он построен по модели PDCA, что буквально переводится как планируй, действуй, проверяй, воздействуй. На основе данного алгоритма можно достаточно просто разработать СТО предприятия. Алгоритм представлен на рисунке ниже.

Оценка затрат на качество, в нашем случае РЭС, проводиться по различным критериям, которые устанавливаются в зависимости от целей и политики предприятия-изготовителя в области качества или от характера информации, необходимой для получения экономически обоснованных результатов.

На основе представленной структуры затрат на качество мы сформировали критерии оценивания затрат на качество для предприятия изготовителя РЭС:

- отношение величины затрат на качество к объему продаж;
- отношение величины затрат на качество к величине прибыли;
- отношение величины затрат на качество к себестоимости;
- отношение величины затрат на качество к величине затрат на качество за предыдущий период.
- соотношения видов затрат на качество между собой;
- отношение затрат на улучшение качества к величине предполагаемой прибыли;

- отношение потерь от несоответствия к затратам на их устранение и другие.

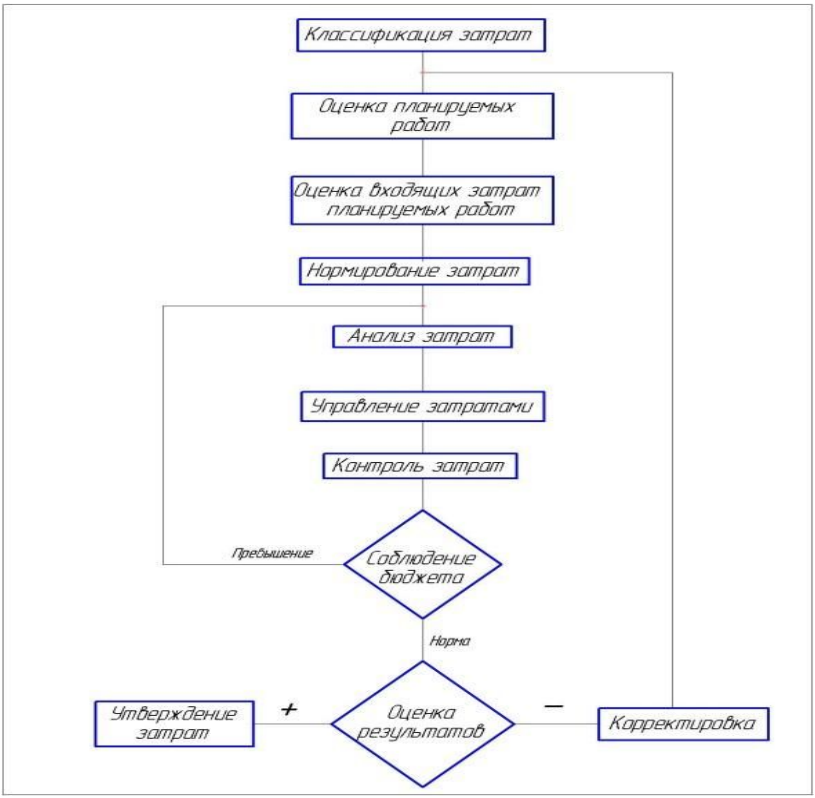


Рис.2. Алгоритм управления затратами на предприятии изготовителе РЭС

Проведенный выше анализ наукоемкой части экономики предприятия-изготовителя РЭС, позволяют охарактеризовать особенности управления затратами на таком предприятии:

- управлять затратами требуется на всех уровнях управления: стратегическом, тактическом и оперативном. Данная необходимость обусловлена длительностью жизненного цикла изделия РЭС;
- планирование затрат затруднено, что в свою очередь, обусловлено значительной долей затрат на НИОКР в составе себестоимости изделия РЭС.
- распределение затрат по продуктам и подсчёта расходов также

вызваны преобладающей долей затрат на НИОКР;

- на наукоёмких производствах применяется высокоточное дорогостоящее оборудование специального назначения, в связи с этим имеют место быть достаточно объёмные вложения капитала в производство изделий. В следствии этого имеются большие расходы на приобретение первостепенных средств.

Наукоёмкие предприятия зависят от государства, так как, оно в большинстве случаев является основным заказчиком тех самых наукоемких предприятий. Данная зависимость обуславливает особенности финансирования госзаказов и установления цен на готовую продукцию. Тем самым формирование затрат обуславливается различными критериями и спецификой жизненного цикла, которое при эффективном распределении затрат даст лучшее качество изделия.

Библиографический список

1. Основы конструирования и технологии производства РЭС : учебное пособие / Е. И. Котова; Яросл. Гос. Ун-т им. П.Г.Демидова.-Ярославль: ЯрГУ, 2013.- 192 с.

2. Международный стандарт ISO 9000:2008. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь.

3. Сокольникова О.Е "Оценка эффективности системы менеджмента качества предприятия."

http://masters.donntu.org/2013/iem/sokolnikova/library/article1.htm

PRINCIPLES FOR FORMING THE COSTS ON QUALITY WITH THE SUPPORT OF THE LIFE CYCLE OF RADIO-ELECTRONIC FACILITIES.

D.A. Bondarenko, M.A. Uteshev, G.G. Hadisov
MoscowTechnologicalUniversity, Moscow, Russia
e-mail: dimitry-1995@mail.ru,gx-6756@mail.ru,guitarheroe2012@ya.ru

Abstract. The basic principles of forming costs for the quality of radio electronic products while supporting their life cycle are considered. The influence of costs on the quality of radio-electronic facilities and their final cost isshown.The reasons of expenses and their criteria on which costs for quality are estimated.

Keywords. The cost of quality, the principles of cost formation, the criteria for cost of quality.

УДК 658.562.012.7

Процессный подход к управлению затратами на качество в организации-изготовителе РЭС

И.И. Истомин, А.Д. Федотов, С.В. Кузьменков
Московский технологический университет, Москва, Россия
e-mail: ivan.i.istomin@gmail.com

Аннотация. Показаны преимущества процессного подхода как современной модели построения СМК организации и особенности управления затратами на качество для организаций-изготовителей РЭС. Рассмотрены преимущества применения процессного подхода к управлению затратами на качество в организации-изготовителе РЭС. Построена модель процесса учёта затрат на качество.

Ключевые слова. Процессный подход, управление затратами, организация-изготовитель РЭС, учёт затрат на качество.

Особенность процессного подхода в том, что все виды деятельности организации-изготовителя РЭС, как и любых других типов организаций, осознаются и управляются как связанные между собой процессы, функционирующие как целостная система. Чтобы осуществлять управление в организации, необходимо осуществлять управление процессами. Процесс (по ISO 9001) – это «совокупность взаимосвязанных и(или) взаимодействующих видов деятельности, использующих входы для получения намеченного результата» [1].

В одном процессе могут участвовать как один сотрудник, так и несколько подразделений. Процессный подход необходим для того, чтобы упростить систему взаимосвязей в организации. Например, несколько участвующих в одном процессе сотрудников или подразделений могут быстро решать возникающие проблемы без участия руководства и сами координировать работу процесса. Такой подход ещё называют горизонтальными связями в организации.

Применение процессного подхода к управлению затратами на качество поможет улучшить взаимодействие между различными подразделениями в пределах одного процесса, увеличить эффективность и результативность всех работ организации, убрать ненужные взаимодействия с руководством, ну и самое, наверное, важное уменьшить временные и материальные затраты.

1. Особенности управления затратами на качество для организации-изготовителя РЭС на основе процессного подхода.

Управление затратами на качество для организации-изготовителя РЭС крайне важно. Ведь обеспечение качества, неотъемлемый процесс изготов-

ления РЭС, а от РЭС требуется высокая точность, и для ее достижения, требуется строгий контроль качества на протяжении всех этапах изготовления продукта. Это позволит добиться увеличения объема продукции, поставляемой на рынок, и снижения количества бракованных изделий. И для того, чтобы организации-изготовителю РЭС поддерживать такой уровень качества, придется производить большое количество затрат. Так что управление затратами на качество обязательно для такого рода организаций.

Управление затратами на качество для организации-изготовителя РЭС заключается в выделение этапов: планирование выпуска изделий, конструирование изделия, подготовка производства, производство, производственный контроль, реализация и обслуживание, проверка качества в эксплуатации. При этом гарантией качества на перечисленных этапах являются определенные обязанности и действия каждого подразделения. Так как затраты на качество связаны не только с производством продукции, но и управлением производства.

Поддержание высокого качества продукции снижает затраты на брак, ремонт, поиск и устранение неисправностей, контроль, простои, гарантийный ремонт, отзыв продукции, и позволяет лучше использовать ресурсы.

Ниже представлены 3 варианта оценки расходов на качество:

1. Модель PAF (Prevention - предупреждение, Appraisal - оценка, Failure - отказы). Модель PAF применяется на предприятиях-производителях.

2. Подход Тагучи, по которому любая изменчивость связана с чрезмерными затратами, а низкое качество связано с общими потерями для потребителя.

3. Модель стоимости процесса (применяется в организациях любого плана, но чаще всего в организациях занимающихся предоставлением услуг).

Размеры затрат на качество, обычно находятся в диапазоне 5…25 % от оборота компании.

В связи с выше сказанным, процессный подход к управлению затратами на качество организации-изготовителю РЭС существенно улучшит взаимодействие между различными подразделениями не только в пределах одного процесса, но и на протяжении всех этапов производства продукта РЭС.

2. Построение модели процесса учёта затрат на качество.

Учёт затрат на качество необходим для контроля расходов предприятия-изготовителя РЭС. Благодаря этому учёту можно сделать оценку необходимости корректировки затрат на качество и оценить необходимость в проведении мероприятий по управлению и улучшению качества. Ниже на Рис. 1 представлена модель процесса учёта затрат на качество в предприятии-изготовителе РЭС.

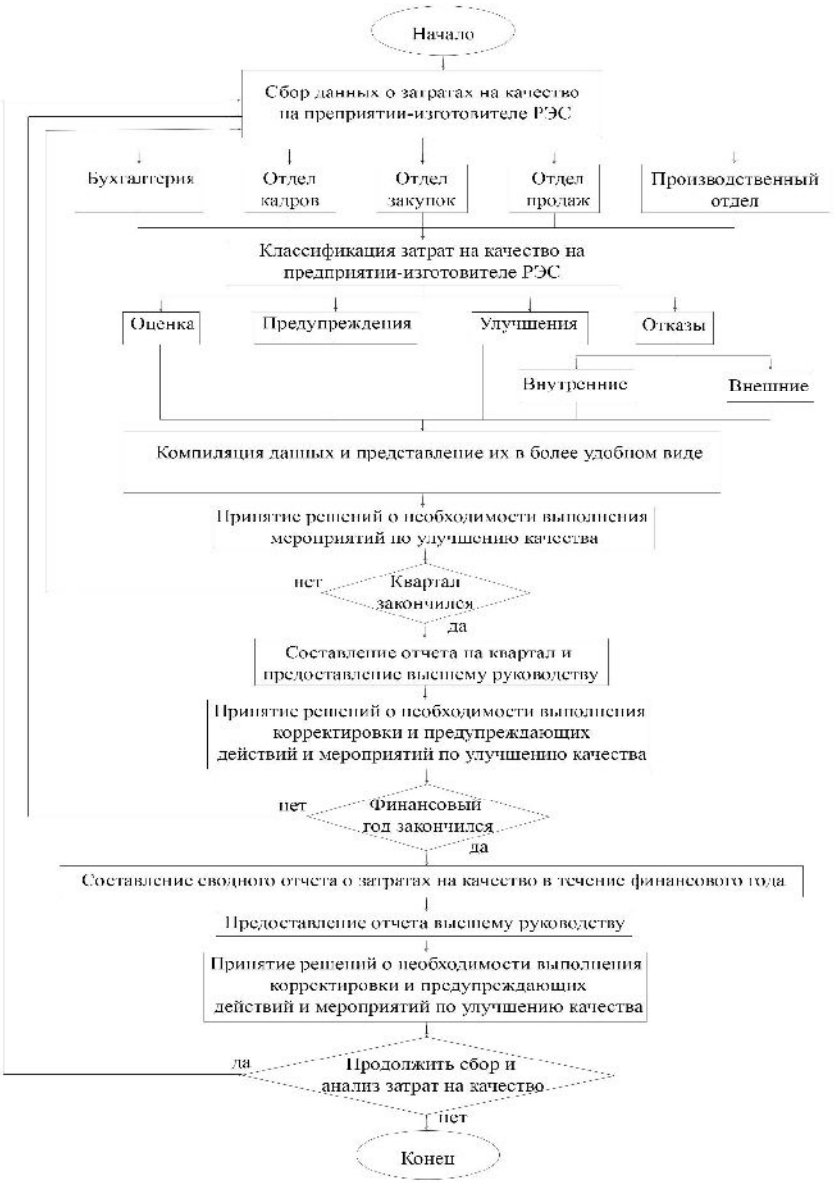


Рис.1 модель процесса учёта затрат на качество в предприятии-изготовителе РЭС.

Библиографический список

1. ГОСТ Р ИСО 9000-2015 Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь – Введ. 2015-11-01 – М.: Стандартинформ, 2015, 11 с.
2. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 Системы менеджмента качества. Требования – Введ. 2015-11-01 – М.: Стандартинформ, 2015, 5 с.
3. Варакута С. А. Управление качеством продукции. - М.: ИНФРА-М, 2011. - 207 с.
4. Басовский Л. Е., Протасьев В. Б. Управление качеством. - М.: ИНФРА-М, 2013. - 212 с. 44.
5. Куликов Ю. А. Хачатуров А. Е. Экономические аспекты систем качества. // Методы менеджмента качества. - 2011. - №5. - с. 15-23.

Process approach to cost management on quality in the organization manufacturer of radio-electronic facilities.

I.I. Istomin, A.D. Fedotov, S.V. Kuzmenkov
MoscowTechnologicalUniversity, Moscow, Russia
e-mail: ivan.i.istomin@gmail.com

Abstract. Advantages of the process approach as modern model of creation of quality management system of the organization and feature of cost management on qualityfor the organizations manufacturers of radio-electronic facilities are shown. Advantages of application of the process approach to cost management on quality in the organizations manufacturers of radio-electronic facilities are considered. The cost accounting process on quality model is constructed.

Keywords. The process approach, cost management, organization manufacturer of radio-electronic facilities, the cost accounting process on quality.

УДК 658

ОСОБЕННОСТЬ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛОМ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОНИКИ В СООТВЕТСТВИИ С ISO 9001-2015

Дж.Дж. Торрес Медина (Каракас, Венесуэла),
Занг Ван Тхань (Тхайбинь, Вьетнам)
Московский технологический университет, Москва, Россия
e-mail: jeffersontorres23@hotmail.com, giangthanh.92tb@gmail.com

Аннотация. Рассмотрены особенности управления персоналом для предприятий-производителей электроники в соответствии с ISO 9001:2015. Показано, что применение общих принципов стандарта СМК новейшего поколения ISO 9001-2015 должно выступать точкой отсчета для развивающихся предприятий-производителей электроники, с целью повышения конкурентоспособности на рынке и обеспечения основы для реализации тех принципов, которые характеризуют ведущие мировые компании.

Ключевые слова. Управление персоналом, дизайн стратегий, система менеджмента качества (СМК), контекст организаций, ISO 9001-2015.

Одним из наиболее важных ресурсов повышения конкурентоспособности предприятий в быстроизменяющейся среде является человеческий капитал. Грамотное управление персоналом представляет ключевой фактор в системе менеджмента качества (СМК). Для повышения эффективности процессов деятельности предприятия, в том числе процесса управления трудовыми ресурсами, важна упорядоченность и соблюдение определенных критериев, обеспечивающих желаемый уровень качества. С такой целью, на базе процессного подхода был разработан международный стандарт ISO 9001, в котором качество продуктов и услуг и удовлетворенность клиентов видится как результат обеспечения квалифицированного и мотивированного персонала, соответствующего актуальным потребностям различных структур предприятия. В этом плане особо важна регулярная оценка изменчивого состояния и потребностей в области управления кадрами на современных предприятиях, обновление стандарта и оценка специфики его внедрения и применения в различных сферах производства и услуг.

В широком понимании, менеджмент качества представляет собой совокупность действий по общему управлению компанией, определяющих политику качества, цели и распределение ответственности на

предприятии, посредством планирования качества, наблюдения и контроля, гарантии и улучшения качества, объединенных в рамках единой системы. Другими словами, определенная доля ответственности за управление качеством возлагается на все уровни руководства, однако вся система контролируется и направляется самым высшим уровнем руководства. Внедрение данной системы вовлекает все члены организации и учитывает все экономические аспекты. Отличительной особенностью системы является гарантия активного и сознательного участия всего персонала. Система менеджмента качества (СМК) – это серия координированных действий, выполняемых всей совокупностью элементов, с целью достижения качества продуктов и услуг, предлагаемых клиенту, то есть, это планирование, контроль и улучшение тех элементов организации, которые оказывают влияние на выполнение требований клиента и удовлетворение его потребностей.

Менеджмент или управление персоналом означает дизайн стратегий, применяемых для развития и использования потенциала сотрудников; в нем содержится знание, опыт и способность направлять организацию к позитивным переменам, при этом поддерживая высокий уровень удовлетворенности работой. Решения, касающиеся рабочей силы, включают отбор, наем, увольнение, обучение, контроль и компенсацию. Система управления персоналом обеспечивает организационную основу для усовершенствования администрации предприятия при условии своего соответствия реальным условиям и специфическим потребностям компании, а также представляет методологическую базу улучшения рабочей политики и политики управления человеческими ресурсами с целью повышения конкурентоспособности организации. Важно иметь в виду, что управление талантами представляет собой распоряжение самыми ценными ресурсами компании, поэтому оно не является исключительной ответственностью какой-то одной специализированной структуры предприятия, а должно вовлекать администрацию всех уровней.

Кадры, персонал или трудовые ресурсы являются центральным звеном в деятельности предприятия, поскольку они отвечают за функционирование всех остальных процессов, связанных с материальной стороной процесса производства или оказания услуг, в том числе за установление цен и получение прибыли. Поэтому, деятельность по управлению персоналом должна обеспечивать удовлетворительные и мотивирующие правовые, экономические, организационные и социально-психологические условия которыми регулируется отношение между

персоналом и организацией. С целью максимально эффективного использования кадровых ресурсов, менеджмент организации должен использовать современные принципы и методы воздействия на поведение сотрудников и их отношение к работе, которые в настоящее время обоснованы в международных стандартах, таких как ISO 9001. Международная организация по стандартизации (ISO) создана в 1947 году и до сих пор выпустила множество версий стандарта системы менеджмента качества, последним из которых является ISO 9001-2015.

В рамках системы менеджмента качества согласно международному стандарту ISO 9001 решается ряд специфических задач, связанных с поддержанием и улучшением процесса управления персоналом. Среди них:

1) анализ всего состава работ, выделение нужных должностей и требований к их выполнению;

2) определение уровня квалификации и компетенций персонала;

3) назначение персонала, обладающего нужной подготовкой и компетенциями, на соответствующие должности;

4) выявление потребностей в обучении персонала и его реализация;

5) оценка эффективности проведенной подготовки;

6) деятельность по мотивации персонала к достижению целей предприятия и постоянному профессиональному и личностному совершенствованию;

7) документирование деятельности по всем перечисленным задачам.

Стоит отметить, что в настоящее время менеджмент персонала реализуется в чрезвычайно динамичных и стрессовых условиях, таких как борьба за преимущество в профессионализме и квалификации кадра, изменчивость требований и технологий, неопределенность рынка и потребность в быстром реагировании. Помимо того, современный рынок предъявляет требования к постоянному повышению и совершенствованию квалификации персонала, при чем речь идет о гораздо более сложной подготовке, чем несколько десятков лет назад. В анализе современных вызовов управления персоналом нельзя обойти ни систему стимулирования сотрудников, в связи с существованием краткосрочных контрактов, соблюдением высоких требований и выраженной зависимостью между системой денежного вознаграждения и прибылью, которую сотрудник приносит компании.

Среди современных методов и принципов управления персоналом можно выделить: наставничество, заключающееся в передаче знаний от более опытных менеджеров к их подопечным; вовлечение в систему постоянного совершенствования через обеспечение условий для обуче-

ния; приближение личных целей сотрудников к целям организации через раскрытие их потенциалов и возможностей, а также через материальное награждение и признание заслуг; передачу большей ответственности (при заботе о необходимых компетенциях) и вовлечение в процесс принятия решений. Хочется подчеркнуть, что современные стандарты ведения организаций предусматривают соблюдение принципа справедливости, т.е. отсутствие дискриминации по половому, возрастному, национальному признаку при подборе работников на определенную должность.

В качестве хорошего примера развитых систем менеджмента персонала можно рассмотреть успешные международные компании, занимающиеся производством электронного оборудования. Они обладают рядом отличий:

1) наличием ясной идеологии;
2) системой топ-менеджмента;
3) строгим соблюдением этических кодексов;
4) развитой организационной культурой;
5) спецификой кадровой политики (ротация менеджеров, мобильность сотрудников, командная работа, вовлеченность персонала);
6) программами развития талантов.

Соблюдая эти принципы и стратегии, компании достигают роста профессионализма персонала, хорошей репутации среди конкурентов и высокого доверия как клиентов, так и бизнес-партнеров и самих сотрудников. Крупные компании в области электроники делают значительный акцент на развитии организационной культуры, которая опирается на работу в команде, вовлечение в процесс управления, минимизацию риска ошибок и поощрение настойчивости.

Преимущества организации управления персоналом на базе сертифицированной системы менеджмента качества заключаются в том, что стандарты позволяют: исключить лишние, повторяющие друг друга процессы, поддерживать качество продукции за счет осуществления контроля и соблюдения требований, минимизировать потери в производстве за счет отутствия браков, минимизировать другие затраты за счет эффективного управления ресурсами, воздействовать на развитие ответственности и дисциплины работников.

Требования новейшего стандарта в области системы менеджмента качества ISO 9001-2015 относятся к следующим ключевым сферам:

1) контекст организации – для разработки системы управления качеством и в частности управления персоналом, необходимо ознакомиться и

учесть контекст деятельности организации, ее цели и стратегии;

2) лидерство – требования к вовлечению руководства, определения ролей и полномочий, определение политики коммуникации в организации;

3) планирование – необходимо определить цели в области качества, стратегии борьбы с рисками и использования возможностей;

4) поддержка – требуется анализ ресурсов и обеспечение персонала, инфраструктуры, условий окружающей среды, а также организация контроля и мониторинга;

5) деятельность – в нем отражены требования к управлению и мониторингу всей деятельности организации;

6) оценка эффективности – под ней подразумеваются требования к мониторингу, измерениям, анализу и оценке процессов системы, а также оценка эффективности выполнения руководящих должностей;

7) улучшение – деятельность организации должна подвергаться постоянному совершенствованию, как в плане предлагаемых товаров и услуг, так и в плане процессов, технологий и персонала; данный пункт стандарта подразумевает установление несоответствия товара или услуг и реализацию корректирующих действий.

Библиографический список

1. Вдохновляй мир и твори будущее. URL: http://www.samsung.com/ru

2. Виханский, О. С. Менеджмент./ О.С. Виханский – М.: Экономисть, 2005. 103 с.

3. Буков А. Е., Губер Н. Б., Богатова О. В. Реализация требований к управлению персоналом в системе менеджмента качества организации // Молодой ученый. — 2015. — №3. — С. 100-102.

4. ГОСТ Р ИСО 9000-2015. Национальный стандарт Российской Федерации. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь (утв. Приказом Росстандарта от 28.09.2015 № 1390-ст).

5. ГОСТ Р ИСО 9001-2015. Национальный стандарт Российской Федерации. Системы менеджмента качества. Требования (утв. Приказом Росстандарта от 28.09.2015 № 1391-ст).

6. Дыкман Е.С. Проблемы экономической эффективности внедрения системы менеджмента качества на промышленном предприятии //В книге: Интеграция науки и практики: взгляд молодых ученых тезисы докладов Всероссийской научно-практической конференции магистрантов и аспирантов. Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, Саратовский социально-экономический институт (филиал). 2015. С. 97-99.

7. Козлова А. Т. Подходы к управлению персоналом организации в

контексте ISO 9001:2015. Вестник науки и образования № 12(24) 2016 г. // [электронный ресурс], URL: http://scientificjournal.ru/images/ (дата обращения 17.03.2017).

8. Новая версия ISO 9001: основные особенности и советы по внедрению. Журнал "Методы менеджмента качества" Брюхова Е.С., статья от 01.12.2015 г.подготовлена по материалам семинара-практикума Э. Бауэра «Новые стандарты ISO в области интегрированных систем менеджмента: новые правила и потенциал», состоявшегося 15 октября 2015 г. // [электронный ресурс], URL: http://www.ria-stk.ru/mmq/adetail.php?ID=98456, сайт РИА «Стандарты и качество» (дата обращения 17.03.2017).

9. Электронный ресурс, URL: http://www.regul-consult.ru/ (дата обращения 17.03.2017).

10. Электронный ресурс, URL: http://www.regul-consult.ru/articles/88-sistema-upravleniya-personalom-predpriyatiya-na-osnove-standarta-iso-9001.html (дата обращения 17.03.2017).

11. Электронный ресурс, URL: http://www.efko.ru/kadry (дата обращения 17.03.2017).

12. Электронный ресурс, URL: http://www.up-pro.ru/print/library/personnel_management/training/ (дата обращения 17.03.2017).

THE PECULIARITY OF PERSONNEL MANAGEMENT FOR THE ENTERPRISES OF ELECTRONICS MANUFACTURERS IN COMPLIANCE WITH ISO 9001-2015

J.J. Torres Medina (Caracas, Venezuela), Zang Van Thanh (In Thái Bình, Vietnam)

Moscow technological University, Moscow, Russia

e-mail: jeffersontorres23@hotmail.com, giangthanh.92tb@gmail.com

Abstract. The peculiarities of personnel management for enterprises-manufacturers of electronics in accordance with ISO 9001:2015. It is shown that the application of General principles of the standard QMS ISO latest generation 9001-2015 should be a starting point for developing enterprises-manufacturers of electronics, with the aim of increasing competitiveness in the market and provide a basis for the implementation of those principles that characterize the world's leading companies.

Keywords. Management staff, design strategies, quality management system (QMS), organisations, ISO 9001-2015.

УДК 658.7.011.1

УПРАВЛЕНИЕ ЗАКУПКАМИ В ОРГАНИЗАЦИИ-РАЗРАБОТЧИКЕ И ИЗГОТОВИТЕЛЕ РЭС ВОЕННОГО И ДВОЙНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

© С.А. Жабицкая, А.О. Жукова, А.В. Широчкин
Московский технологический университет, Москва, Россия
e-mail: 79653814610@yandex.ru

Аннотация. Рассмотрены основные функции и цели отдела закупок. Правовые особенности осуществления процесса закупок и требования военного стандарта. Рассмотрены варианты выбора поставщиков и предложены методы их оценки.

Ключевые слова. Закупки, поставщик, аудит второй стороной.

Работа любого предприятия зависит от наличия сырья, материалов товаров и услуг, которые ему поставляют другие предприятия. Для функционирования необходимы, как офисное оборудование и мебель, станки и измерительная аппаратура, специальная и технологическая одежда для персонала, так и такая мелочь, как канцелярские принадлежности. Ни одна организация, предприятие или учреждение не являются самодостаточными.

В производственных предприятиях закупки составляют около 70% от оборота. Оптимизация закупок может обеспечить повышение прибыли. По данным исследования, 1% сэкономленный в процессе закупок может повысить доход предприятия на 3-4%.

1. Функции отдела закупок

Осуществление закупок – одна из важнейших функций. Основными целями отдела закупок являются:

Поиск и закупка товаров и услуг по минимальным ценам. Прибыль, полученная благодаря закупкам по более низким ценам или за счёт снижения логистических затрат, может оказать существенной;

Вовремя осуществлять поставки материальных ресурсов, готовой продукции и услуг. Опоздание в закупках может сорвать производственный график, что выльется в большие накладные расходы, и наоборот, закупленные раннее намеченного срока материалы лягут дополнительным бременем на складские помещения предприятия;

Придерживаться оптимальных размеров партий поставки, соблюдать равновесие между объёмами и потребностями в них. Избыток или недостаточность может негативно повлиять на выпуск продукции, а также вызвать дополнительные расходы на восстановление баланса;

Поддерживать и повышать качество. Продукция, материалы или услуги должны быть необходимого качества, иначе конечный продукт может перестать соответствовать требуемым стандартам, что приведёт к росту из-

держек на логистику. Постоянное повышение качества снабжения и обеспечение конкурентоспособности товаров невозможно без обращения пристального внимания к качеству закупаемых материалов;

Успех закупок отдела определяется надежностью поставщиков, поэтому важно искать компетентных и развивать с ними отношения. Важно проводить тщательный поиск и анализ возможностей поставщиков, причём желательно анализировать по нескольким критериям (качеству, цене, сервису);

Повышение конкурентоспособности компании. Задачами исследования рынка закупок являются: регулярный сбор и оценка информации с целью определения емкости рынка и создания предпосылок для оптимизации закупок. Исследования проводятся в случае возникновения интереса к определению размеров затрат, при желании внедрить достижения технического прогресса, с целью оценить возможность конкурировать с участниками рынка и т.д.

2. Федеральный закон № 44-ФЗ

Основным нормативным документов, описывающим деятельность в сфере закупок, является федеральный закон № 44-ФЗ “О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд”. Главной идеей закона является создание условий функционирования контрактной системы.

Федеральный закон регулирует все закупки всех государственных заказчиков и полностью регулирует проведение торговой процедуры. Нарушение требований 44-ФЗ влечёт за собой отмену закупки, штрафы для госзаказчика, а участнику грозит занесение организации в реестр недобросовестных поставщиков. Положительным же моментом для поставщика является гарантия того, что в случае победы контракт будет заключен и оплачен.

Заказчиком может выступать государственные и муниципальные учреждения.

Поставщиками могут быть юридические, физические лица, в том числе индивидуальные предприниматели.

Закупочные процедуры делятся на конкурентные и неконкурентные:

Неконкурентные закупки – закупки, производящиеся у единственного подрядчика, без проведения конкурсных процедур, но на них накладывается ряд ограничений, например:

Если речь идёт о контракте не дороже 100 тысяч рублей и об объёме средств не более 5% от годового бюджета;

Если контракт заключается с образовательным учреждением не дороже 400 тысяч рублей;

Или, например, если процедура конкурентных торгов была признана несостоявшейся.

Способов конкурентных закупок предусмотрено довольно много.

Среди них:

Открытые конкурсы;
Конкурсы с ограничением участия;
Многоэтапные конкурсы;
Закрытые формы конкурсов;
Закрытые конкурсы с ограничением участия;
Электронные аукционы;
Аукционы в закрытой форме;
Запросы предложений;
Запросы ценовых котировок;

Все эти процедуры проводятся на принципах конкурентной борьбы. Именно конкурентные способы закупок применяются на предприятиях изготовителях РЭС.

3. Требования ГОСТ РВ-0015-002-2012

ГОСТ РВ-0015-002-2012 накладывает ряд требований к процессу закупок:

предприятие должно контролировать, чтобы закупаемая продукция соответствовала всем необходимым требованиям.

до покупки должен быть проведен анализ качества с участием лиц, определяющих требования к продукции и с учётом ограничительных перечней закупаемой продукции, разрешённой для применения в выпускаемой военной продукции.

при выборе поставщиков, приоритет должен быть отдан тем, у кого в наличии имеются сертификат СМК.

соответствие закупаемой продукции установленным требованиям должно быть подтверждено клеймами или протоколами испытаний их изготовителей.

при поставке должны быть чётко определены сроки, в течении которых необходимые товары должны быть получены в полном объёме.

4. Выбор поставщика

Отправной точкой в закупочной деятельности является определение в том или ином товаре, необходимую информацию для определения объёмов закупки являются данные, которые предоставляются, например, отделом производства.

Для определения потребностей в материальных ресурсах используют ряд методов прогнозирования. Чаще всего применяют методы экстраполяции динамических рядов фактических значений расхода ресурсов или готовой продукции, например, такие как экспоненциальное сглаживание, динамика средних и т.п.

Следующим этапом, после определения материальных потребностей, является выбор поставщиков. Прежде поставщик расценивался как прода-

вец, предоставляющий необходимый ресурс, которого не волновала эффективность производства и качество продукции, производимой из его материалов. В современных условиях хозяйственные субъекты всё больше осознают свою взаимосвязанность. Поставщики и предприятия становятся партнёрами по бизнесу в рамках платформ B2B и B2C. Работая совместно можно добиться снижения затрат и улучшения качества товаров и услуг. Именно эти соображения становятся приоритетными.

Выбор поставщика является одной из наиболее важных задач закупочной логистики. Возможны два направления выбора:

Либо выбирать поставщика из компаний, которые уже были или в данный момент являются поставщиками и с которыми уже установлены деловые отношения.

Либо выбирать нового поставщика, путём поиска и анализа интересующего рынка. Для проверки потенциального поставщика требуется большие временные затраты, поэтому целесообразнее её осуществлять только в отношении тех поставщиков, которые имеют действительно серьёзный шанс на получение заказа.

Выбор поставщика определяется системой критериев. Основными критериями являются: цена, качество товара и надежность поставки. Хотя в ряде случаев первостепенными могут оказаться такие критерии как время доставки, надежность поставщика, предоставление поставщиком кредита и другие. Система является динамичной, особенно в условиях нестабильности экономики.

Закупки оказывают влияние на важнейшие экономические показатели производственной деятельности: выпуск продукции, производительность труда, себестоимость продукции и другие. Для успешного и эффективного управления закупками на предприятии необходимо выполнение задач и функций снабжения, использование современных методик и инструментов управления закупками.

Решением проблем, связанных с управлением закупок, является создание адекватных систем организации, контроля и управления нормативных, материально-технических, финансовых, кадровых ресурсов, применение статистического метода анализа объёмов и структуры закупок, применение многокритериальных методов оценки надежности поставщиков, а также периодическое проведение аудита поставщика (аудит второй стороны).

5. Аудит второй стороной

Аудит второй стороной - это общепринятый во всем мире механизм общения между производителем и поставщиком.

Если заказчик хочет удостовериться в качестве поставляемой ему продукции или услуг на основании объективной оценки производства партнёра, он может, с согласия руководства проверяемой компании, заказать проведение аудита второй стороной компетентной организацией.

Организациям, желающим стать лидерами в своей области и получить преимущество в конкурентной борьбе, следует применяют независимую оценку поставщика, так как это мощный инструмент влияния и доверительных партнёрских отношений, который способен максимально снизить риск срыва условий договора, урегулировать все спорные вопросы и сделать партнерские отношения более прозрачными.

В ходе проверки документации и условий производства квалифицированными экспертами выявляются слабые и сильные стороны процессов, даются рекомендации по улучшению производственной деятельности.

По результатам проведенной проверки экспертной комиссией оформляется подробный отчет о состоянии производства, который предоставляется обеим сторонам, т.е. заказчику и поставщику.

Важно, чтобы аудит проводился профессионально и точно отражал эффективность системы качества поставщика. Результаты аудита повлияют на принятие коммерческих решений, важных для финансового будущего обеих сторон. Соответственно, в проведении аудита должны участвовать соответствующим образом обученные специалисты, способные получить точную информацию.

Библиографический список

1. Федеральный закон " О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд" от 18.07.2011 № 44-ФЗ

2. ГОСТ Р ИСО 19011-2012. Руководящие указания по аудиту систем менеджмента

3. РВ-0015-002-2012. Система разработки и постановки на производство военной техники

4. Сергеева С. А. Управление качеством в сфере закупок на основе статистического анализа // Фундаментальные исследования. – 2016. - №5 (часть 2).

PROCUREMENT MANAGEMENT OF THE DEVELOPMENT ORGANIZATION AND MANUFACTURER OF MILITARY AND DUAL-USE EQUIPMENT.

© S.A. Zhabickaja, A.O. Zhukova, A.V. Shirochkin
Moscow Technological University, Moscow, Russia
e-mail: 79653814610@yandex.ru

Abstract. The main functions and goals of the purchasing department are considered. Legal features of the implementation of the procurement process and the requirements of the military standard. The variants of the choice of suppliers are considered and methods for their evaluation are proposed.

Keywords. Procurement, supplier, second party audit.

УДК 658.5.011

ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА ПРИ СДАЧЕ И ПРИЕМКЕ ПРОДУКЦИИ ВОЕННОГО И ДВОЙНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

© С.В. Малахов, Н.А. Фонарёв
Московский технологический университет, Москва, Россия
e-mail: sjsergey1@gmail.com, nick.fonarev@mail.ru

Аннотация. В работе рассмотрена необходимость разделения требований к продукции в области системы менеджмента качества и к концепции бережливого производства на основе общих положений комплексной системы общих технических требований и контроля качества изделий военного и двойного назначения.

Ключевые слова. Бережливое производство, сдача и приемка продукции, продукция военного и двойного назначения, организация производства, система менеджмента качества.

При сдаче приемки продукции военного и двойного назначения в соответствии с ГОСТ РВ 20.39.411-97 «Комплексная система общих технических требований и контроля качества изделий электронной техники, квантовой электроники и электротехнические военного назначения. Общие положения» разделяется на пять категорий качества, которые представлены на рис.1. В соответствии с требованиями качества к каждой категории выставляется соответствующий требованиям на этапе производственного и приемочного контроля.

Такая жесткая структурированность накладывает ограничение на технологические процессы производства и организационные процессы в системе менеджмента качества.

Ощутимо такие ограничения сказываются при учете требований методологии бережливого производства, проводимых в соответствии с ГОСТ Р 56 908-2016. Главная особенность при сдаче и приемке изделий военного и двойного назначения является то, что она должна поставляется в срок, в соответствии с техническим заданием и в полном объеме.

Для реализации этого требования можно применить на предприятии-изготовителе концепцию бережливого производства, которая поможет повысить эффективность поддержки этапов жизненного цикла, за счет сокращения времени на различные операции, процессы, действия.

Повысить эффективность возможно лишь при неукоснительном соблюдении, строгом выполнении положений стандарта ГОСТ Р 56908-2016 «Бережливое производство. Стандартизация работ», а также оптимизации процессов системы менеджмента качества (СМК) с учетом его требований.

Рис.1. Категории качества электронных средств военного и двойного назначения на этапе производства.

Чтобы провести оптимизацию проекта, необходимо проанализировать использующую систему, и выявить в ней слабые места. Предложенный алгоритм взаимодействия между заказчиком и предприятием-изготовителем радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) представлен на рис.2.

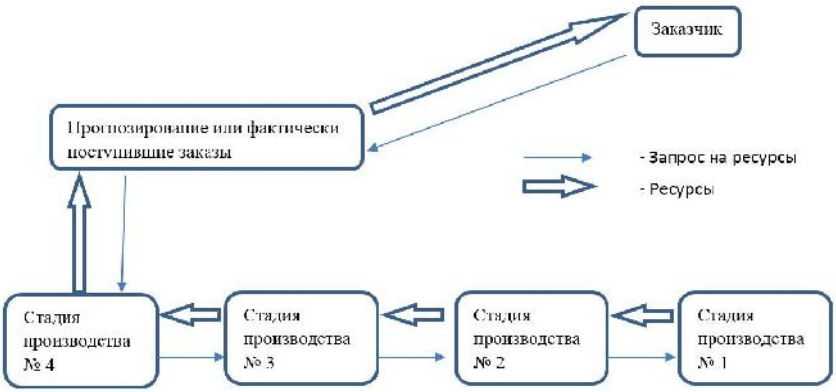


Рис.2. Предложенный алгоритм взаимодействия между заказчиком и предприятием-изготовителем РЭА.

Далее следует его формализовать: обеспечить необходимую безопасность, качество выполнения, сократить потери, а особенно – создать условия для быстрого поиска и обнаружения отклонений при выполнении

операций и предпринять меры для ликвидации, постоянно совершенствуя операции и процессы.

Помимо рассмотренных ранее вопросов, возникают ограничения в системе бережливого производства комплексной системой контроля качества (КСКК). В нем устанавливаются ограничение в освоении новых технологий и новых материалов.

Кроме того, ставится жёсткие требования к приемке материалов и полуфабрикатов, хранение и документирование сопровождению как в общем, так и для каждой из пяти категорий качества в соответствии с ранее рассмотренным государственным стандартом. В соответствии с системой КСКК должны осуществляться процедуры контроля материалов и полуфабрикатов, поступающих на предприятие-изготовитель для исключения поставки бракованный и контрафактный продукции, не допустимых для производства электронных средств военного и двойного назначения.

Концепция бережливого производства в первую очередь требует вовлечение всех сотрудников, работников предприятия в процесс оптимизации производства, для последующей успешной сдаче и приемке готовой продукции. Сам процесс должен максимально ориентирован на потребителя - заказчика, то есть необходимы гарантии поставки готовой продукции заказчику, обеспечивая максимальное качество при достойной цене, с минимальным количеством брака и дефектных изделий.

Представляется, что эффективность системы базируется на следующих принципах:

· Обеспечение превосходного качества, для разных типов партий, что позволит сдавать продукцию и изделия с первого предъявления, но в таком варианте необходимо отработать и задействовать систему, в которой дефекты будут обнаруживаться сразу и проблемы возникновения этих дефектов будут устраняться на начальных этапах, у истоков их возникновения;

· Установление долговременных отношений с заказчиком, путём деления рисков, информацией и затрат, обеспечения гибкую систему.

Данные принципы реализуются, если применять инструменты бережливого производства.

Классически, между заказчиком и исполнителем закачается постконтрактные отношения относительно итоговой цены, сроков поставки, и как правило, проблемы недолжного качества возникают при сдаче и приемке готовой продукции, что отрицательно сказывается на цене, количестве дефектных изделий.

Однако, если между заказчиком и исполнителем установить определенные взаимодействия, требований СМК методов бережливого производства к данной системе, то риск нарушения сроков выполнения, сдачи заказа, будут значительно снижены, поскольку установиться взаимная связь на каждом этапе производство продукции и последующей сдаче, и приёмке.

Данную систему невозможно реализовать без внедрения готовой комплексной, интегрированной системы управления качеством.

Таким образом, рассмотренные в статье вопросы помогут сократить затраты на предприятии, оптимизируя процессы производства, и что особенно важно - обеспечить успешную приемку и сдачу готовой продукции военного и двойного назначения, снижая количество брака, устраняя различного вида нарушения на всех этапах производства.

Библиографический список

1. ГОСТ Р 56908-2016 Бережливое производство. Стандартизация работы.

2. ГОСТ Р 52745-2007 Комплексная система контроля качества. Контроль качества материалов и полуфабрикатов, используемых при изготовлении изделий авиационной, космической, оборонной техники и техники двойного применения, на предприятиях-поставщиках. Общие положения.

3. ГОСТ РВ 20.39.411-97 Комплексная система общих технических требований и контроля качества изделий электронной техники, квантовой электроники и электротехнические военного назначения. Общие положения.

4. ГОСТ 20.57.406-81 Комплексная система контроля качества. Изделия электронной техники, квантовой электроники и электротехнические. Методы испытаний.

5. Погребняк С. Бережливое производство. Формула эффективности. – М.: Триумф,2013. – 308 С.

6. Сигалова Л., Куприенко А. Мобильное управление испытаниями на производстве. // «Технологии в электронной промышленности». – СПб.: ООО «Медиа КиТ»,2014. – С. 70-71.

PROBLEMS OF APPLICATION OF LEAN PRODUCTION METHODS IN THE DELIVERY AND ACCEPTANCE OF PRODUCTS OF MILITARY AND DUAL-USE

© S.V. Malakhov, N.A. Fonarev
***Moscow Technological University, Moscow,* Russia**
e-mail: sjsergey1@gmail.com, nick.fonarev@mail.ru

Abstract. The article discusses the need to separate the needs of production in the field of quality management system and the lean production concept based on the general provisions of an integrated system of general technical requirements and quality control of products of military and dual-use.

Keywords. Lean production, delivery and acceptance of products, products of military and dual-use, organization of production, the quality management system.

УДК. 65.011.04

ВЗАИМОСВЯЗЬ РЕКЛАМАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ОПЕРАЦИЙ НОРМОКОНТРОЛЯ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ И ПРОИЗВОДСТВЕ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

© А.К.Гамзин, А.И.Сукманов
Московский технологический университет, Москва, Россия
e-mail: taganka1984@mail.ru, sukmanovartem@mail.ru

Аннотация. Данная статья посвящена взаимосвязи рекламационной деятельности и операций нормоконтроля при изготовлении и производстве радиоэлектронных средств. Был рассмотрен нормоконтроль как процесс СМК. Разработан алгоритм внесения изменений в конструкторской документации (КД) на основе взаимодействия процессов.

Ключевые слова. Нормоконтроль, рекламация, рекламационная деятельность, взаимосвязь рекламации и нормоконтроля, система менеджмента качества.

Важным достижением настоящей системы менеджмента качества (СМК) предприятия является принцип процессного подхода к достижению качества работ и продукта. При слаженном функционировании, предприятие должно управлять большим количеством видов деятельности, которые между собой взаимосвязаны. Если вид деятельности управляется с задачей изменения его входов в выходы, то его допускается рассматривать как процесс. На практике же можно определить то, что выход одного процесса является входом для последующего. Процессный подход - это ведущий метод, на котором базируется системы менеджмента качества любого предприятия. Так как, поддержка жизненного цикла является обязательным требованием ГОСТ РВ 0015-002-2012**,** то существует необходимость связи двух процессов жизненного цикла предприятия: операций нормоконтроля и рекламационной деятельности. Слаженное взаимодействие данных процессов сможет обеспечить улучшение качества производства на предприятии. Управление рисками можно определять, как процесс принятия и выполнения ряда управленческих решений, направленных на приближение к минимуму различных потерь и вероятности возникновения неблагоприятного результата, что так же прописано в ГОСТ РВ 0015-002-2012. Следуя этому, передача рисков позволит нам свести количество рекламаций к минимуму, а в наилучшем случае к нулю.

1. Нормоконтроль как процесс СМК

Нормоконтроль как процесс системы менеджмента качества лучше всего представить в виде рисунка.

Согласно рис.1, конечным продуктом будет являться готовое изделие или аппаратура РЭС, выполненная по техническому заданию (ТЗ) заказчика. Вся конструкторская и технологическая документация на изготовление изделия будет служить внутреннему потребителю, а не внешнему. Отсюда следует, что нормоконтроль является процессом, направленным на обслуживание таких процессов, как изготовление конструкторской документации и технологической документации, а также постановки изделия или аппаратуры РЭС на производство.

Рис.1. Нормоконтроль как процесс СМК.

Рекламация представляет собой претензию, которую может предъявить заказчик. Она указывает в основном на ошибки, которые были допущены в процессе работ, и нацелена на совершенствование системы менеджмента качества предприятия. С одной стороны, рекламация является входом для множества процессов, в том числе и для операций нормоконтроля. После получения предприятием данного документа, на предприятии начинается проверка всей документации, процессов, работ, которые проводились в рамках изготовления аппаратуры. Другими словами, полученная рекламация укажет на ошибки, которые не увидел нормоконтролер при проверке документации. С другой стороны, рекламация может быть выходом процесса. К примеру, при обнаружении ошибки заказчиком в документации, написание рекламации является следствием обнаруженного недочета.

Как мы видим, имеется связь между операциями нормоконтроля и рекламациями, где один процесс является входом другого процесса, следовательно, необходимо разработать алгоритм их взаимодействия. В этом алгоритме должно быть видно положение этих двух процессов относительно друг друга. Алгоритм внесения изменений в конструкторские документы на основе взаимодействия нормоконтроля и рекламационной деятельности.

2. Алгоритм внесения изменений в КД на основе взаимодействия процессов

Алгоритм внесения изменений представлен на рис.2.

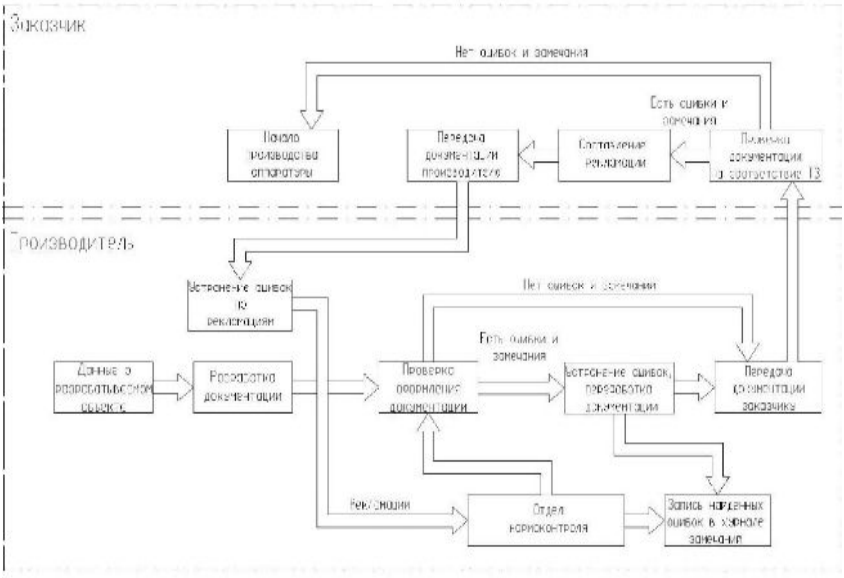


Рис.2. Алгоритм внесения изменений.

3. Эффективность взаимодействия процессов для повышения качества КД и технической документации (ТД)

При взаимодействии выше перечисленных процессов качество разрабатываемой КД и ТД возрастает в несколько раз. Это происходит, потому что существует два ряда проверки на соответствие документации: проверка на предприятии-изготовителе отделом нормоконтроля и проверка заказчиком на правильность выполнения документов согласно ТЗ, который в свою очередь оформляет рекламацию при обнаружении несостыковок.

Заключение

Подводя итоги можно сказать, что взаимодействие операций нормоконтроля и рекламационной деятельности необходимы для слаженной работы заказчика и производителя. Благодаря этому, существенно улучшается качество производимой КД и ТД. Но получать рекламации производителю не всегда приятно. Поэтому, чтобы этого избежать и контролировать

правильность и качество документации внутри предприятия, необходимо тщательно проверять документацию в отделе нормоконтроля, либо повышать квалификацию нормоконтролеров, либо пересматривать состав данного отдела.

Библиографический список

1. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 Система менеджмента качества. Требования
2. ГОСТ 2.111-2013 Единая система конструкторской документации Нормоконтроль
3. ГОСТ 3.1116-2011 Единая система технологической документации. Нормоконтроль
4. Григорьева Л.И., Богданов М.В., Демидов И.К. Нормоконтроль. Методика и организация.- М.: Издательство стандартов, 2012. – 190 с.
5. Капылова В.А. Как превратить претензии в продажи. Принципы успешной работы с клиентом. -М.: Издательские решения, 2016. – 90 с.
6. Рыхтикова, Н.А. Анализ и управление рисками организации. Учебное пособие . - М.: Форум, 2012. – 240 с.

CONNECTION OF THE RECLAMATION ACTIVITIES AND OPERATIONS OF THE NORMAL INSTECTION IN MANUFACTURE AND PRODUCTION OF ELECTRONIC EQUIPMENT

© ***A.K.Gamzin, A.I.Sukmanov***
Moscow Technological University, Moscow, Russia
e-mail: taganka1984@mail.ru, sukmanovartem@mail.ru

Abstract. This article focuses on the connection of reclamation activities and operations of the normal instection in the manufacture and production of electronic equipment. Also the normal instection was reviewed as the process of the QMS. The algorithm of change in construction documents on the basis of interaction processes was developed.

Keywords. The normal instection, reclamation, the reclamation activity, connection of the reclamation activities and operations of the normal instection, quality management systems.

УДК 620.3+621.3

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ «ЗАПЛАВЛЕННЫХ» ПОДОГРЕВАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ МЕТОДОМ КАТАФОРЕЗА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАНОЧАСТИЦ ПОРОШКА ОКСИДА АЛЮМИНИЯ

© Ефременков М.В., Ли И.П., Капустин В.И., Шуманов А.В., Горелова Е.Г., Мысин И.А.
Московский технологический университет, Москва, Россия.
E-mail: Makarstar@yandex.ru

Аннотация. Рассмотрены основные особенности изготовления подогревательных узлов электровакуумных приборов СВЧ диапазона. Использование нанопорошков оксида алюминия при изготовлении «заплавленного» подогревателя позволяет снизить температуру спекания до 1200°С, повышая механические свойства металлических элементов подогревательного узла. Применение метода катафореза при нанесении покрытий с одновременным контролем проводимости катафорезной ячейки во время процесса позволяет повысить качество диэлектрического покрытия и повторяемость результатов.

Ключевые слова. Подогревательные системы, нанесение диэлектрических покрытий, катоды СВЧ приборов, нанопорошки оксида алюминия.

Нанесение диэлектрических покрытий методом катафореза широко применяется в электронно-вакуумной технике, например, для изготовления изоляционных покрытий подогревательных систем катодов электронно-вакуумных приборов. Надежность и долговечность катодных узлов в основном определяется качеством изготовления токопроводящих элементов подогревательной системы и характеристиками диэлектрических покрытий. При высоких температурах изоляционное покрытие подогревательной системы должно обладать необходимыми механическими, тепловыми, а также хорошими изоляционными свойствами [1]. Данные параметры необходимы для стабильной работы электронно-вакуумных приборов.

Оксид алюминия является в настоящее время наиболее распространенным изоляционным покрытием, применяемым при изготовлении подогревателей, хотя известны и другие материалы, такие как оксид магния или оксид бериллия [2].

Использование «заплавленных» подогревателей в катодно-подогревательных узлах СВЧ приборов сантиметрового и миллиметрового диапазона длин волн позволяет повысить их надежность и долговечность. Заплавленный подогреватель позволяет избежать ряда проблем, которые встречаются в подогревателях, сделанных по стандартной технологии [3], а

именно: замыкание витков, осыпание алунда, что в последствие приводит к перегоранию подогревательной системы, замыкание на слой металлизации. Однако высокая температура спекания диэлектрического покрытия приводит к охрупчиванию металлических элементов подогревательного узла.

1. Описание технологической установки

Установка для нанесения диэлектрических покрытий методом катафореза представляет собой роботизированный комплекс, позволяющий проводить контроль проводимость катафорезной ячейки во время нанесения покрытия, обеспечивая оптимальную толщину и качества пленки изоляционного покрытия.

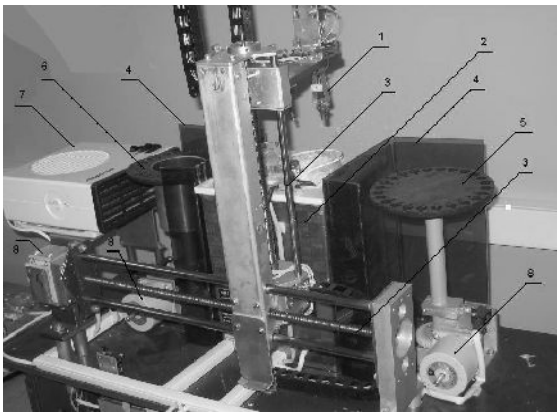


Рис.1. Электромеханическая часть установки. 1 – зажим держателя подогревателя; 2 – ультразвуковая ванна; 3 – червячные механизмы перемещения платформы; 4 – защитные кожухи; 5 – подающая кассета; 6 – приемная кассета; 7 – тепловая пушка; 8 – шаговые электродвигатели ДШИ-200-2-2.

В автоматическом механизированном комплексе осуществление всех технологических операций, а именно: подача подогревателя; нанесение алундового покрытия; нанесение защитного покрытия; и сушка готового подогревателя, производится автоматически без участия оператора. Электромеханическая часть установки представлена ниже на рисунке 1.

Шаговый двигатель позволяет перемещать заготовку вдоль технологического стола, опускать и поднимать. С помощью зажима подогревателя осуществляется захват держателя. Держатель покрыт слоем золота для обеспечения лучшей электропроводности. Следующей операцией идет нанесение изоляционного покрытия на заготовку в катафорезной ячейке, после чего подогреватель покрывается лаком и отправляется в приемную кассету на сушку. Общий вид установки, для осуществления процесса нанесе-

ния изоляционного покрытия на подогреватель, приведен на рисунке 2.

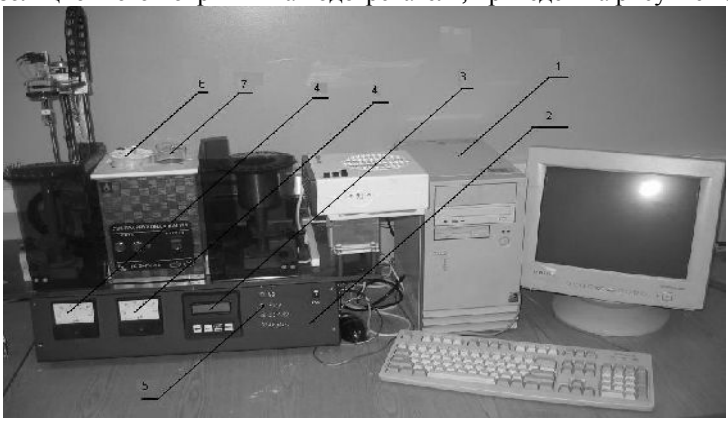


Рис.2. Общий вид установки. На рис. 3 обозначено: 1 – персональный компьютер; 2 – блок питания и управления; 3 – жидкокристаллический дисплей и клавиатура; 4 – измерительные приборы тока и напряжения в ячейке (вольтметр и амперметр); 5 – индикаторы; 6 – емкость с суспензией; 7 – емкость с лаком.

2. Приготовление алундовой суспензии и контроль параметров

Для приготовления алундовой суспензии необходимо использовать абсолютированный спирт (содержание основного компонента 99,8%). Повышенное содержание воды в растворе приводит к её осаждению на подогреватель, что неблагоприятно сказывается на качестве наносимого изоляционного покрытия. Контроль количества воды, содержащейся в спирте, можно определить, измеряя Ph суспензии. На рисунке 3 приведена данная зависимость [3].

При использовании не абсолютного спирта пропадает возможность контролировать процентное содержание окиси алюминия в суспензии, а это очень важный параметр от которого зависит качество изоляционного покрытия.

В абсолютный спирт добавляется основа будущего алундового покрытия — оксид алюминия (Al_2O_3), из расчета 1 г оксида алюминия на 24 мл абсолютного спирта. Процесс добавления Al_2O_3 в спирт необходимо выполнять при непрерывном воздействии ультразвука на объем смеси. При этом происходит перемешивание алунда и не происходит его оседания на дно сосуда. На следующем этапе в емкость с алундом добавляется ультрадисперсный порошок окиси алюминия с размером частиц порядка 100 нм.

Качественное изоляционное покрытие спирали подогревателя обеспечивается за счет хорошей электропроводности суспензии [4]. С целью увеличения электропроводности в ячейку катафореза вводится раствор на

основе соли алюминия. При уменьшении электропроводности суспензии в нее необходимо добавить раствор соли алюминия по 5 мкл, при помощи специального шприца и производить контроль электропроводности суспензии кондуктометром и сравнивать полученные данные с градуировочным графиком (рис. 4).

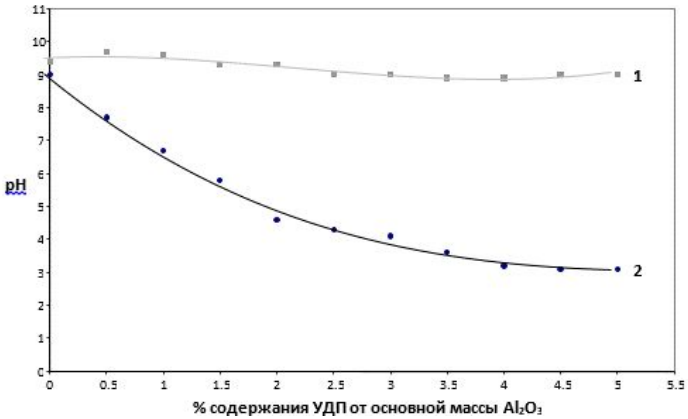


Рис.3. Зависимости значений pH суспензии от содержания УДП Al_2O_3 для обычного (1) и абсолютного спирта (2).

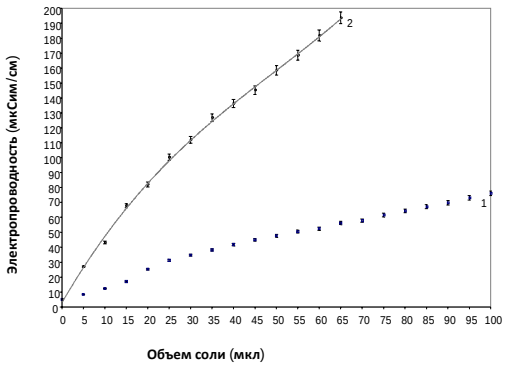


Рис.4. Зависимость электропроводности суспензии с 2,5% УДП Al_2O_3 от содержания в ней соли алюминия (2)

Раствор на основе соли алюминия имеет еще один положительный эффект, а именно: в суспензии присутствуют только ионы алюминия, что благоприятно сказывается на однородности алундового покрытия. Опти-

мальное значение электропроводности лежит в интервале 30 – 40 мкСим/см [4]. Контроль осуществляется при помощи карманного кондуктометра PWT путем помещения его в емкость с суспензией.

3. Метод нанесения изоляционного покрытия

Принцип действия установки основан на переносе заряженных частиц суспензии и осаждения их на поверхности спирали подогревателя при поданном высоком напряжении между подогревателем и металлической пластиной, установленной в ванне для катафореза. Оптимальное, устанавливаемое значение напряжения между катодом и анодом - 600 В. Устанавливаемое значение тока может варьироваться от 3мА до 7мА. Время экспозиции в катафорезной ячейке - 20 – 40 сек. Толщина покрытия зависит как от заданного тока, так и от времени экспозиции в катафорезной ячейке.

Непосредственно процесс алундирования заключается в следующем: заданное на источнике питания значение тока между катодом (спиралью подогревателя) и анодом (пластинчатый электрод, расположенный по внутреннему периметру стенок сосуда с алундом) остается неизменным. В процессе катафореза диэлектрический слой оксида алюминия нарастает на поверхности подогревателя, и тем самым увеличивает электрическое сопротивление между анодом и катодом. По закону Ома, при увеличении сопротивления и неизменном значении тока, начинает меняться разность потенциалов между катодом и анодом прямо пропорционально изменению сопротивления. На графике рис. 5 видно, что в некоторый момент *t* напряжение на ячейки выходит в режим насыщения.

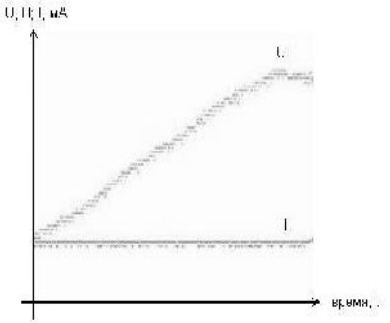


Рис.2.24. График изменения напряжения и тока на ячейке в режиме стабилизации тока

Отрезок насыщения на графике сигнализирует о том, что слой на поверхности подогревателя максимален и больше расти не может. Выбирая режим алундирования при фиксированном значении тока ячейки, следует установить такое время экспозиции, при котором напряжение не успеет

выйти в режим насыщения. Максимальная толщина покрытия не говорит о его качестве, оптимальная толщина лежит в пределах 20-25 мкм [3].

Заключение

Применение нанопорошков Al_2O_3 позволяет снизить температуру спекания с 1600°С до 1200°С, что повышает механические свойства металлических элементов подогревательного узла. Повышается механическая прочность алундового покрытия, отсутствует осыпание покрытия.

Контроль процесса нанесения покрытия по изменению сопротивления катафорезной ячейки позволяет повысить качество подогревательных узлов.

Автоматизация технологического процесса исключает человеческий фактор, повышая повторяемость результатов.

Библиографический список

1. Кудинцева Г.А., Мельников А.И., Морозов А.В., Никонов Б.П. Термоэлектронные катоды. // Издательство «ЭНЕРГИЯ», Москва. 1966г. – 327-343с.

2. Евстигнеев С.И., Ткаченко А.А. Катоды и подогреватели электровакуумных приборов. Учеб. пособие для подгот. рабочих на произв. Изд. 2-е, перераб. и доп. М, «Высш. школа», 1975. 196 с. с ил.

3. Семенов Ю.А. Производство подогревателей катодов электровакуумных приборов. // Государственное энергетическое издательство, Москва 1962г. – 135с.

4. Царев Б.М. Расчет и конструирование электронных ламп. // Издание третье исправленное и дополненное. «Энергия» Москва. 1967г. – 386-433с.

TECHNOLOGY OF MANUFACTURE OF HEATER SYSTEMS WITH USING NANOPARTICLES POWDER OF ALUMINUM OXIDE

© M.V. Efremenkov, I.P. Li, V.I. Kapustin, A.V. Shumanov, E.G. Gorelova, I.A. Mysin.

Moscow Technological University, Moscow, Russia.

E-mail: Makarstar@yandex.ru

Annotation. The basic features of manufacturing of heating units of microwave vacuum devices are considered. The use of nanopowders of aluminum oxide in the preparation of the heater allows reducing the sintering temperature to 1200 ° C, increasing the mechanical properties of the metal elements of the heating unit. The application of the method of cataphoresis in the application of coatings with simultaneous control of the conductivity of the cataphoretic cell during the process makes it possible to improve the quality of the dielectric coating and the repeatability of the results.

Keywords. Heating systems. Microwave Devices. Manufacturing technology. Nanoparticles of aluminum oxide.

УДК 65.012.2

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТА В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ НИОКР

© Д.Н. Чигрин, И.В. Суровцева, А.Н. Егоров
Московский технологический университет (МИРЭА), Москва, Россия
e-mail: felix1812000@gmail.com, surovceva@mirea.ru, egorushka1957@yandex.ru

Аннотация. Изучены критерии оценки эффективности внедрения проекта как важная процедурная составляющая в системе управления НИОКР. Рассмотрены факторы, влияющие на успех инноваций при принятии управленческих решений, и обосновывающие «портфельный» подход к НИОКР, производству, маркетингу и финансовым вопросам. Изучены проблемы мониторинга реализации «портфеля» НИОКР. Показана необходимость комплексной оценки реализуемых проектов с участием служб различных сфер деятельности предприятия. Определены перспективы дальнейших исследований в части создания методического аппарата получения критериев оценки эффективности реализации проекта в менеджменте НИОКР.

Ключевые слова. Оценка проекта, стратегия и политика корпорации, «портфель» НИОКР, производство, маркетинг, финансы, критерии и процедура оценки, эффективность реализации проектов.

В системе управления НИОКР предприятия основным видом его деятельности является достижение эффективности реализации проектов НИОКР, получение новой продукции.

Оценка проекта – важнейшая процедура в менеджменте НИОКР на начальной стадии создания проекта, представляющая сложный непрерывный процесс с учетом появления дополнительной информации. Она основывается на формализованном методе и включает следующие компоненты [1]:

– выявление факторов, относящихся к проекту;

– оценку проектных предложений по этим факторам с использованием количественной информации или экспертных оценок;

– принятие или отказ от проектных предложений на основе сделанных оценок;

– выявление областей, где нужна дополнительная информация, и выделение ресурсов на ее получение;

– сопоставление новой информации с той, что использовалась при

первоначальной оценке;

– оценку воздействия на проект второстепенных факторов;

– принятие решения о продолжении или прекращении работы над проектом.

Отметим, что при оценивании проекта необходимо учитывать финансовые возможности реализации проекта, воздействие проекта на другие в рамках «портфеля» НИОКР, а также влияние проекта на экономику предприятия в целом в случае его успешной реализации.

В [2] рассмотрены следующие проблемы формирования, планирования и мониторинга реализации «портфеля» НИОКР:

- сложность коммуникации в ходе планирования и реализации проектов из-за большого количества участников (более 200 человек);
- срыв сроков, отклонение от плановых показателей как следствие коммуникационных разрывов между проектами;
- отсутствие постоянной регламентированной стратегии разработки проектов (верхний план, отражающий приоритеты реализации проектов) из-за высокой степени неопределенности;
- отсутствие возможности оперативного получения информации по статусу выполнения работ каждого проекта.

Конечная «портфельная» структура зависит от степени управляемости «портфеля» со стороны высшего руководства и политики фирмы в области НИОКР.

Для результативного управления проектом в менеджменте НИОКР необходима соответствующая информационная база. В качестве таковой используются:

– критерии оценки проектов;

– оценки и допущения, на которых базировалось решение о выборе проекта;

– определение проекта;

– план выполнения проекта.

При этом, важным является своевременное обновление всех видов информации, поступающих из других подразделений фирмы (служб маркетинга, финансовой и т.д.). Организационные структуры управления типа матричной в наибольшей степени способствуют этому.

1. Критерии оценки проектов в НИОКР

Рассмотрим критерии, на которых базируются оценка и выбор проектов при принятии управленческих решений [1]:

– цели корпорации, ее стратегия, политика и ценности;

– маркетинг;

– менеджмент НИОКР;

– финансы;

– производство.

Критерии, связанные со стратегией и политикой корпорации подразумевают стратегическое планирование, образ корпорации, отношение к риску, отношение к нововведениям, временной аспект.

Выбор проектов с высокой степенью риска (особенно если они потребуют больших инвестиций) нежелателен в компаниях, где руководство отличается высоким уровнем непринятия риска. Это преимущественно относится к коммерческому риску, чем к техническому, поскольку последний можно ограничить, например, сужением области НИОКР.

Наступательная стратегия, как правило, связана с большим риском, чем защитная, но и подразумевает большую прибыль. Процесс планирования НИОКР должен базироваться на количественной оценке осознанного риска, учитывая непредвиденные обстоятельства.

Временной аспект касается краткосрочных и долгосрочных оценок. Цели корпорации обычно ориентированы на длительную перспективу, однако следует учитывать и краткосрочные интересы.

К *маркетинговым критериям* относят:

– выявление потребностей;

– потенциальный объем продаж;

– временной аспект;

– воздействие на существующие продукты;

– ценообразование;

– уровень конкуренции;

– каналы распределения;

– стартовые затраты.

Преимущество рыночной потребности при выборе потенциального проекта не означает, что его рыночная перспектива гарантирована. Оценка перспективности рынка проводится с помощью рейтинговых оценок перспектив его роста, рентабельности бизнеса в нем и его нестабильности. Объем продаж, который, возможно, будет обеспечен выпуском нового продукта, следует оценивать по перспективам его роста, а также с помощью прогнозирования тенденций потребления продукции и изменений в потребительском потенциале.

Временной аспект рыночного плана прежде всего связан с необходимостью балансировки отдельных видов бизнеса компании. В идеале необходимо, чтобы новые продукты выходили на рынок в сроки и в количе-

ствах, диктуемых требованиями маркетинга. По мере продвижения разработки можно делать все более точные оценки возможной даты выхода нового продукта на рынок. Все эти вопросы следует решать, исходя из существующего состояния «портфеля» НИОКР. Новые продукты расширяют ассортимент, увеличивают размеры реализации и прибыль, служат условием роста предприятия.

Объем продаж, представляющий собою потребительскую реализуемость, выступает в виде функции от цены предложения. Прибыль от реализации единицы продукции - разность между ценой и издержками на изготовление. Если издержками фирма-производитель может полностью управлять, то при установлении цены следует учитывать уровень цен на конкурирующие продукты.

Пределы установления предприятием цены на новую продукцию включают себестоимость выпускаемой продукции в качестве нижнего предела цены, а верхний предел определяется ценой потребления, которая делает продукт привлекательным по сравнению с имеющимися на рынке. То есть, верхний предел цены определяется показателями технического качества продукта (производительностью, надежностью, эксплуатационными затратами на его использование и т.д.).

Цена для потребителя должна быть также инструментом оценки экономического эффекта от использования продукции с учетом стоимости ее потребления (цена приобретения и текущие расходы за все время эксплуатации).

Каналы распределения – один из факторов, который нельзя игнорировать при оценке проекта. Если появится необходимость в новых каналах распределения, то затраты могут существенно возрасти. Точно также следует оценивать стартовые затраты выхода товара на рынок.

Менеджмент НИОКР – это принятие решений в постоянно меняющихся рыночных условиях, непрерывное рассмотрение программы НИОКР, переоценка ее в целом или составных частей. Возможны непредвиденные технические проблемы, необходимость перераспределения ресурсов, новые оценки рыночных возможностей.

Каждый проект должен начинаться с постановки цели. Поскольку окончательный успех определяется на рынке, то и цели должны быть определены рыночной потребностью. Прежде всего, это рыночный сегмент и его взаимосвязанные характеристики (размер, допустимая цена, требования к технической эффективности и время вывода продукта). Продукт в свою очередь должен быть значим по своей эффективности, цене и дате появления. Все эти характеристики взаимозависимы, и, следовательно,

требуется определенная итеративная процедура уточнения цели.

Особое внимание необходимо уделять соответствию с наибольшей вероятностью техническому уровню продукта для рыночного сегмента. Избыточность параметров увеличит затраты на НИОКР и производство, а также время разработки и, следовательно, снизит прибыльность.

Система управления проектом должна быть адекватной его объему, сложности, степени неопределенности, месту в «портфеле» проектов НИОКР. Она должна обеспечивать:

– оценку прогресса в решении каждой задачи, затраты и длительности работ;

– выявление тех задач, выполнение которых выпадает из графика, оценку последствий этого для общего хода работ над проектом;

– изменение развития проекта в целом относительно запланированных затрат и даты завершения.

Одной из трудностей управления НИОКР является эффективное распределение ресурсов. Это объясняется следующими причинами. Необходимо, чтобы общая величина ресурсов в сфере НИОКР была относительно стабильной во времени. Ресурсы инвестируются либо в оборудование, имеющее фиксированную стоимость вне зависимости от того, используются оно или нет, либо в оплату труда персонала; и то и другое - специфические и невзаимозаменяемые ресурсы. Каждый проект требует различной комбинации этих ресурсов, причем из-за неопределенности в проектах точное заблаговременное распределение ресурсов невозможно.

Финансовый критерий проекта определить с достаточной точностью невозможно. Тем не менее, необходимо знать, что его форма во многом определяется решениями руководства НИОКР.

Дата снятия продукта с производства - это функция управления на основе принципов, заложенных на ранних стадиях проекта; длительность жизненного цикла товара зависит от даты его выхода на рынок. Поэтому руководство НИОКР должно сосредоточиться на сокращении сроков НИОКР. Жесткая временная дисциплина должна быть внедрена на ранних стадиях программы реализации проекта.

Внедрение нового продукта в производство (*критерий производства*) редко проходит без трудностей. Их можно разделить на две большие группы:

– трудности, связанные с производственными мощностями для нового продукта;

– трудности тиражирования результатов проекта, связанные с обеспечением затрат, гарантирующих получение необходимой прибыли.

Задержки вследствие трудностей приобретения нового оборудования, набора или подготовки персонала, проблем инженерного обслуживания оказывают воздействие на финансовое состояние и должны учитываться при оценке проекта. Оценивая проект, важно идентифицировать те его характеристики, которые могут вызвать определенные проблемы у производителя.

Окончательные издержки производства зависят от цен на материалы и комплектующие изделия, применяемых технологических процессов, капитальных вложений и организации производства. Эти издержки определяются и объемом продаж.

Таким образом, к числу основных производственных факторов, обеспечивающих успех проекта, относят:

– технологию, соответствующую типу производства;

– настоящий и будущий баланс производственных мощностей;

– рыночную обеспеченность уникальными материалами и комплектующими изделиями;

– доступность всех видов частных ресурсов;

– гибкость производства, его способность “воспринять” новые изделия и выпускать их с издержками, обеспечивающими конкурентоспособную цену;

– степень использования существующих технологии и оборудования.

Важно подчеркнуть, что большая часть критериев оценки проектной деятельности не относится к научно-технической области. Инновации распространяются на деятельность всей корпорации и становятся частью ее экономической деятельности.

2. Эффективность реализации проекта в системе управления НИОКР

Процедура оценки, там, где она осуществляется эффективно, является важным элементом инновационного процесса, позволяя учесть мнения руководителей других подразделений фирмы на ранних стадиях НИОКР, что приведет к переходу проекта от НИОКР к производству и маркетингу.

Эффективность комплексных решений по оценке проектов можно обеспечить посредством:

– специалистов в соответствующей научной области;

– специалистов в других научно-технических областях;

– пользователей результатами проектов;

– людей, обладающих навыками менеджмента и компетентных по экономическим вопросам;

– специалистов, прежде участвовавших в проведении оценок;

– людей, обладающих опытом в области формирования научно-технической политики.

Использование формализованного метода оценки проектов не является математическим расчетом потенциальной или ожидаемой эффективности его реализации, а способствует выбору корпорацией формы и критериев оценки внедрения разработок. При этом, успех создания и реализации инновационного проекта зависит от технических достоинств и рыночных условий, от качества управления проектной деятельностью.

Выбор управленческого решения должен исходить из того, что [2]:

– каждый фактор, имеющий влияние на экономические параметры проекта, следует тщательно оценивать;

– отвергаются проекты, не удовлетворяющие хотя бы одному существенному критерию;

– оценивается необходимость в дополнительной информации;

– существует база для сопоставления проектов;

– согласовывать действия руководителей фирмы, НИОКР и других служб;

– разработать процедуру обобщающей оценки (методы свертывания многокритериальных оценок);

– окончательное решение по проекту НИОКР зависит от проницательности, конструктивной позиции, интуиции руководителя корпорации.

Рассмотренные критерии оценки проектов эффективно учитывать при построении риск-ориентированной методики, базируясь на способах качественного и количественного анализа рисков, включающие методы сбора информации, опросы и экспертную оценку; выявление параметров, которые оказывают влияние на процесс создания инновационного проекта; дерево решений, описывающее конкретную ситуацию с учетом вариативности завершения проекта.

Кроме оценок по предложенным критериям необходимо получить рейтинговые веса как отдельных, так и групп факторов, влияющих на реализацию проектной деятельности, а затем объединить результаты оценок, например, аддитивным или мультипликативным образом.

Таким образом, в статье рассмотрен широкий спектр факторов, влияющих на успех инноваций при принятии управленческих решений в части проектной деятельности НИОКР. Многие из них количественно трудноопределимы и опираются на “портфельный” подход к рассмотрению НИОКР, производства, маркетинга и финансовых вопросов.

Определена необходимость комплексной критериальной оценки про-

ектов с участием служб различных сфер деятельности корпорации для эффективного внедрения инновационных проектов в системе управления НИОКР.

Для верификации и дальнейшего использования предложенных критериев, необходимо создать методический аппарат, базирующийся на инновационных методах получения критериев оценки эффективности реализации проектов в менеджменте НИОКР.

Библиографический список

1. Гольдштейн Г.Я. Стратегические аспекты управления НИОКР: Монография. Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2000. – 244 С.

2. Черненко А.В., Митякова О.И. Анализ системы планирования портфеля проектов на предприятии машиностроительной отрасли // Современные проблемы науки и образования, 2014. – № 5. URL: https://science-education.ru/ru/article/view?id=14835 (дата обращения: 20.03.2017).

CRITERIA FOR ASSESSING THE EFFICIENCY OF PROJECT IMPLEMENTATION IN THE RESEARCH & DEVELOPMENT MANAGEMENT SYSTEM

© D.N. Chigrin, I.V. Surovceva, A.N. Egorov
Moscow Technological University (MIREA), Moscow, Russia
e-mail: felix1812000@gmail.com, surovceva@mirea.ru, egorushka1957@yandex.ru

Abstract. The criteria for assessing the effectiveness of project implementation as an important procedural component in the R & D management system were studied. Factors influencing the success of innovations in making administrative decisions and justifying the "portfolio" approach to R & D, production, marketing and financial issues are considered. The problems of monitoring the implementation of the "portfolio" of R & D are studied. The need for a comprehensive evaluation of the projects being implemented with the participation of the services of various spheres of the enterprise activity is shown. Perspectives of further researches in the part of creating a methodical apparatus for obtaining criteria for assessing the effectiveness of project implementation in R & D management have been determined.

Keywords. Project assessment, corporate strategy and policies, portfolio of R & D, production, marketing, finance, evaluation criteria and procedures, project implementation efficiency.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРИВЕТСТВЕННОЕ СЛОВО ОРГКОМИТЕТА…….. 4

СЕКЦИЯ №1. ОБЩАЯ РАДИОТЕХНИКА

Денисов В.Е.
Корреляция между двоичными сигналами ЧМ на входе и выходе гидроакустического канала связи……..... 7

Денисов В.Е.
Помехоустойчивость когерентного приема двоичных сигналов ЧМ с прямоугольной огибающей в гидроакустическом канале связи…… 13

В.Н. Исаков
Анализ нелинейных частотно-избирательных цепей на основе модели нелинейного элемента С кусочно-полиномиальной вольтамперной характеристикой…….. 21

В.П. Бабенко, В.К. Битюков, Е.Г. Кузеленкова, С.В. Марьин
Моделирование статических характеристик Mosfet ключей в electronics workbench…… 27

В.П. Бабенко, В.К. Битюков, Е.Г. Кузеленкова, С.В. Марьин
Моделирование динамических характеристик Mosfet ключей в electronics workbench……. 38

Я.О. Арешин, Б.А. Заикин, А.Ф. Котов
Оценка качества фильтрации нелинейного алгоритма в однопозиционной угломерно – дальномерной радиосистеме……. 49

А.А. Колпаков, Ю.А. Кропотов
Расширенное микширование потоков аудиоданных для многопроцессорных телекоммуникационных устройств……. 63

Ю.А. Кропотов, А.А. Белов
Метод адаптивной компенсации эхо-сигналов в системах телекоммуникаций аудиообмена …… 73

А.Ю. Проскуряков
Прогнозирование изменения параметров временных рядов в задачах цифровой экономики……... 80

М.Б. Васильев, Л.М. Любина, М.И. Сугак
Отражательная антенная решетка К-диапазона, выполненная методом лазерной резки…….. 94

СЕКЦИЯ №2. МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ И ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ ПО КАНАЛАМ РАДИОСВЯЗИ

А.М. Лосев
Интермодуляционные искажения в аналоговом переключателе вч тракта приемника……. 100

А.М. Лосев
Формирователь последовательности радиоимпульсов для тестирования каналов связи……. 106
А.А. Парамонов
Оптимальная фильтрация дискретно-непрерывных сигналов с межсимвольной информационной связью …….. 113
А.Ю. Унгер, Г.В. Куликов
Алгоритм синхронизации сигналов с непрерывной фазой и циклически изменяющимся индексом модуляции методом частотного детектирования……..… 118
А.И. Стариковский, В.Б. Фёдоров
Способы формирования семейства нелинейных b-последовательностей…. 129
М.М. Сенявин
Обобщения кодов баркера……. 134
М.С. Костин, К.А. Бойков
Высокоточные методы и средства оцифровки сверхкороткоимпульсных сигналов …….. 137
Д.Б. Рождественский, В.И. Рождественская, В.А. Телегин
Анализ вариаций критической частоты среднеширотной ионосферы с целью повышения эффективности дальней радиосвязи……. 144
С. А. Титов, Р.Г. Маев, А.Н. Богаченков
Формирование и обработка пространственно–временных сигналов в многоэлементном акустическом микроскопе…….. 145
О.В. Тихонова, С.Н. Тронза
Моделирование декодеров ldpc-кодов…… 151
Т.А. Авдеев
Модифицированный комбинаторно-логический алгоритм декодирования помехоустойчивых кодов…… 158
В.М. Викулов, А.А. Парамонов
Теоретическое и экспериментальное исследование электромагнитного излучения печатных проводников…… 162
О.А. Геворгян
Алгоритмы демодуляции сигналов soqpsk пониженной сложности…. 168
Н. Р. Дорошин
Преимущества и недостатки системы широкополосного доступа mcwill…. 175

СЕКЦИЯ №3. ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

С.А. Пронин, П.Н. Пименов, Л.О. Мырова
Повышение скрытности источника деструктивного воздействия сверхкороткоимпульсного электромагнитного излучения на телекоммуникационные системы…….. 179

А.С. Корсунский, Т.Н. Масленникова, О.В. Лепешкин, А.Г. Чукариков, А.В. Карпов
Направления развития подсистемы контроля состояния защиты информации объекта…….. 187
Д.В. Журавлев, Ю.С. Балашов
Информационно-вычислительная система контроля функционального состояния человека…… 193
Б.А. Кузяков, С.Н. Щербакова
Оптическая комбинированная телекоммуникационная система с инжекцией торцевого излучения волоконно световода в атмосферный сегмент……. 203
Б.А. Кузяков, В.А. Шмелев, В.В. Арестов, Ф.Н. Бузылев, С.П. Михнюк
Устойчивость комбинированной оптической телекоммуникационной системы В турбулентной атмосфере……. 209
Г.И. Хмельник, О.И. Пугачев, И.Б. Козловский, О.Ю. Мамаева
Математическое моделирование однослойных и многослойных электромагнитных экранов СВЧ ……. 215
К.А. Селеня, В.И.Нефедов, Н.С. Макеенкова, Д.Р. Барский, Е.В.Самохина
Микропроцессорная система управления, контроля и защиты для камер микроволнового нагрева……. 225
Н.А. Трефилов, К.А. Селеня, А.Н. Дементьев, Д.Н. Трефилов, В.И. Нефедов
Конструкции фокусирующих зеркальных антенн…… 229
А.Л. Ерошкин, Р.А. Попо
Способы обеспечения гарантированной надежности и радиационной стойкости микросхе……. 232
Р.А. Попо
Методы обеспечения гарантированной надежности
И радиационной стойкости микросхем **……** 239
И.В. Грязных, С.А. Решетняк, Г.Н. Третьяков, О.И. Пугачев, Д.Р. Барский
Анализ видеоинформации в ик диапазоне по контролю технологических процессов……. 245
Н.А. Варюшкина, Э.А. Засовин
Комплексный процесс управления рисками инвестиционного проекта…. 252
К.А. Селеня, Н.А. Трефилов, В.И. Нефедов, И.Б. Козловский, А.В. Малофеев
Одномерная модель камеры свч нагрева……... 256
С.Г. Майхуб
Измерение энергопотребления iot-узлов в симуляторе cooja ос contiki….. 261

А.С. Ахматов, И.Б. Козловский, А.В. Шпак
Алгоритм решения системы интегральных уравнений в быстром методе моментов…… 272
Н.Ф. Маджа, А.В. Шпак, А.В. Малофеев
Расчет полных сопротивлений методом наводимых электродвижущих сил……. 277

СЕКЦИЯ №4. РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ И РАДИОНАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

Е.С. Беспалов, Е.А. Пичугина
Способ обработки сигнала нелинейногорадиочастотного маркера… 281
Ю.А. Полушковский, И.В. Суровцева, О.А. Алексеев
Предложения по созданию консолидированной системы геофизического мониторинга……. 285
А.И.Баскаков, В.И. Гусевский, А.А. Комаров
Применение протяженных антенных полей для радиолокационных наблюдений малоразмерных космических объектов……. 293
Б.В. Белик, С.Г. Белов
Многоцелевое сопровождение маневрирующих объектов с использованием однопозиционных систем радиомониторинга воздушного базирования. 302
В.К. Орлов, В.С. Рамаданов
Комплексирование инерциальных и спутниковых навигационных систем в задачах относительной навигации…… 311
С.С. Донченко, О.В. Колмогоров, Д.В. Прохоров, А.Н. Щипунов, С.Г. Буев
Система сравнения и синхронизации шкал времени эталонов частоты и времени удаленных объектов……. 317
А.В. Безуглов, В.И. Веремьев, Е.Н. Воробьев
Радиолокационная система мониторинга морской поверхности с повышенным угловым разрешением…… 325
Д. С. Боровицкий, А. Е. Жестерев, В. П. Ипатов, Р. М. Мамчур
Анализ влияния эффекта доплера на характеристики радиовысотомера спутникового базирования……. 338
О.В. Саверкин
Сравнительное моделирование алгоритмов траекторной обработки…. 347
Д.В. Андреева, С.Н. Замуруев
Повышение эффективности перспективной системы «ЕТРИС ДЗЗ»… 353
В.С. Новиков
Анализ точности управления антенно-фидерной системой космического аппарата…….. 359
Т.Э. Гельфман, О.Е. Гнучев, Р.Ю. Лобынцев
Методы резервирования спутниковых систем связи……... 365

С.И. Белоусов, Н.А. Тихомирова, И.В. Суровцева, В.К. Иванов, В.О. Скрипачев
Методический подход к выбору рационального состава наземных радиотехнических средств для мониторинга ионосферы…….. 374
А.С. Демидова
Разработка алгоритма завязки траектории цели в LabVIEW…….. 383
А.А. Симонян, С.Н. Замуруев
Фазовый пеленгатор. Улучшение точностных характеристик……... 391
В.М. Гончаренко, С.Н. Замуруев, В.И. Каганов, А.Б. Снедков, А.В. Трубицын
Электронно-пучковые радиотехнические системы – новая информационная технология……. 396
В.О. Скрипачев, А.М. Стрельцов
Возможности диагностики предвестников сейсмической активности с помощью спутниковой Свч-радиометрии…… 408
Я.О. Арешин, Б.А. Заикин, А.Ф. Котов
Оценка качества фильтрации нелинейного алгоритма в однопозиционной угломерно – дальномерной радиосистеме…… 415

СЕКЦИЯ №5. РАДИОФИЗИКА И ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

А.С. Соколов, Д.В. Малахов, Н.Н.Скворцова
Треки пылевых частиц в магнитном поле в разряде, инициированном гиотроном в смесях порошков металла и диэлетрика …… 429
В. А. Смирнов, А. А. Харчевский, С. А. Маслов
Применение вейвлета хаара для анализа плазменных и атмосферных флуктуаций…… 432
М. А. Гвоздева, Е.С. Богач, Э.М. Бархударов, Н.К. Бережецкая, И.А. Коссый
Микроволновый источник УФ-излучения, предназначенный для обеззараживания воздушной среды, сточных и питьевых вод…….. 440
А.М. Анпилов, Э.М. Бархударов, И.А. Коссый, Г.С. Лукьянчиков, И.В. Моряков
Влияние Климатических, термических и отрывных воздействий на вторичноэмиссионные характеристики антимультипакторных покрытий……... 442
А.А.Харчевский, Д.В.Малахов, Н.Н.Скворцова
Фурье и вейвлет методы анализа сигналовдля системы допплеровской рефлектометрии……. 449
С.Е. Андреев, И.Л. Богданкевич
Динамика спектров импульсов выходного излучения плазменного релятивистского свч-генератора…… 453

Н.Н. Богачев, С.Е. Андреев, В.А. Дёмин, Н.Г. Гусейн-заде, А.В. Кириллов, О.Н. Калинин, А.Н. Филиппов
Частотно-модулированный сигнал, излучаемый плазменной несимметричной вибраторной антенной…… 458
Е.В. Воронова, В.С. Раковский, Н.Н. Скворцова, Д.В. Малахов, Ю.В. Хольнов
Корреляционный и спектральный анализ сигналов магнитных флуктуаций на стелларатореле л-2м….. 464
И.С. Алексеев, И.Е.Иванов, П.С. Стрелков, В.П. Тараканов, Д.К. Ульянов
Визуализация структуры свч пучка релятивистского плазменного СВЧ усилителя…… 468
Д.В. Шумейко
Измерение пространственного распределения плотности мощности СВЧ-излучения субгигаваттных мощностей…… 472
В.И. Жуков, К.Ф. Сергейчев, Д.М. Карфидов, Ю.Е. Сизов, С.Е. Андреев
Возбуждение и распространение поверхностных электромагнитных волн…….. 476
Д.С. Кравченко
Исследование дифракции плоской электромагнитной волны на прямоугольнике с комплексным коэффициентом отражения при произвольных углах падения и наблюдения волны, при н – поляризации волны для $\lambda = 3$ и 10 см…….. 487

СЕКЦИЯ №6. ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Е.В. Васильев, В.В. Куренков
Временная и частотная кинетика составляющих оптического спектра разряда в ксеноне…… 494
Т.А. Деменкова, Е.В. Шпиева
Аппаратная реализация нейронных сетей……. 499
Д.С. Воруничев
Проектирование корпоративной интегрированной системы менеджмента с профильной отраслевой спецификой……. 506
А.А.Троицкий
Анализ импульсных характеристик метаматериалов с отрицательной рефракцией……. 511
М.С. Костин, А.В. Шильцин
Технология атактовой оцифровки субнаносекундных импульсов в радиофотонных системах спецпроектного реинжиниринга …….. 519

В.Г. Бартенев, С.В. Кадочкин
Аппаратно-программный комплекс контроля состояния информационных и радиотехнических систем…… 524
В.А. Сергеев, А.А. Куликов, Р.Г.Тарасов, О.А. Дулов
Установка для измерения напряжения шнурования тока в структурах мощных вч и свч биполярных транзисторов …… 529
Р.Г.Тарасов, В.А. Сергеев, А.А. Куликов
Технологические аспекты создания крупносерийного производства мощных твердотельных свч устройств двойного применения …….. 534
А.А. Тихонов, Ю.О.Чухнина
Методология обеспечения информационной безопасности предприятия-производителя РЭС ……. 541
А.П. Тулупников, О.Л.Романова, В.А. Петрухина
Роль аутсорсинга в инновационном развитии предприятия-производителя РЭС…… 548
Д.А. Бондаренко, М.А. Утешев, Г.Г. Хадисов
Принципы формирования затрат на качество при поддержании жизненного цикла РЭС …… 555
И.И. Истомин, А.Д. Федотов, С.В. Кузьменков
Процессный подход к управлению затратами на качество в организации-изготовителе РЭС…… 561
Дж.Дж. Торрес Медина, Занг Ван Тхань
Особенность управления персоналом для предприятий производителей электроники в соответствии с iso 9001-2015……. 565
С.А. Жабицкая, А.О. Жукова, А.В. Широчкин
Управление закупками в организации-разработчике и изготовителе РЭС военного и двойного назначения…….. 571
С.В. Малахов, Н.А. Фонарёв
Проблемы применения методов бережливого производства при сдаче и приемке продукции военного и двойного назначения……. 576
А.К.Гамзин, А.И.Сукманов
Взаимосвязь рекламационной деятельности и операций нормоконтроля при изготовлении и производстве радиоэлектронных средств…… 580
М.В. Ефременков, И.П. Ли, В.И. Капустин, А.В. Шуманов, Е.Г. Горелова, И.А. Мысин
Особенности технологии изготовления «заплавленных» подогревательных систем методом катафореза с использованием наночастиц порошка оксида алюминия……. 584
Д.Н. Чигрин, И.В. Суровцева, А.Н. Егоров
Критерии оценки эффективности реализации проекта в системе управления НИОКР…… 590
Содержание…….. 598

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
МИРЭА

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

Часть II

III Международной научно-практической конференции

«Актуальные проблемы и перспективы развития радиотехнических и инфокоммуникационных систем»

«РАДИОИНФОКОМ – 2017»

МОСКВА 2017

Московский технологический университет (МИРЭА) приветствует участников III Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и перспективы развития радиотехнических и инфокоммуникационных систем».

Цель конференции - обсуждение проблем, направлений и перспектив развития и совершенствования одного из важнейших кластеров мировой экономики - радиоэлектронной и телекоммуникационной отраслей, обеспечивающих функционирование всех жизненно важных элементов государственной инфраструктуры гражданского и оборонного назначения.

Московский технологический университет - признанный в России и в мире современный образовательный и научно-исследовательский центр, сочетающий в своей работе классические университетские традиции и современные образовательные технологии, являющийся одним из лидеров в области подготовки квалифицированных кадров для стремительно развивающихся наукоемких отраслей - радиотехники и электроники, телекоммуникаций, информационных компьютерных технологий, автоматики, кибернетики.

Университет придает большое значение развитию и углублению связей с российскими и зарубежными партнерами. Мы имеем далеко идущие планы по расширению сотрудничества в научно-технической сфере и надеемся, что конференция позволит нам реализовать задуманное.

Оргкомитет конференции

Конференция «РАДИОИНФОКОМ-2017» проводится при поддержке
Российского Фонда фундаментальных исследований (РФФИ)

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский технологический университет» (МИРЭА)

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Московский научно-исследовательский институт радиосвязи АО «МНИИРС»

Институт радиотехники и электроники имени В. А. Котельникова РАН

ПАО «НПО «Алмаз» им. академика А.А. Расплетина

АО «Концерн радиостроения «ВЕГА»

ОАО «Научно-производственный комплекс

«Научно-исследовательский институт дальней радиосвязи»

Российское научно-техническое общество радиотехники, электроники и связи имени А.С. Попова

АО «Центральный научно-исследовательский радиотехнический институт имени академика А.И. Берга»

Вильнюсский университет

Университет Евле

АО «Российские космические системы»

АО «РТИ»

ПАО МАК «Вымпел»

Институт общей физики им. А.М.Прохорова РАН

Университет Айзу

Научный совет РАН по комплексной проблеме «Гидрофизика»

Российский фонд фундаментальных исследований

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

III Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и перспективы развития радиотехнических и инфокоммуникационных систем»

Часть II

«РАДИОИНФОКОМ – 2017»

13-17 ноября 2017 года
г. Москва, Россия

ББК 32.84+32.97 я 73
С 23
УДК 621.37+004.9 (063)

С23 В сборнике представлены материалы научных трудов III Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и перспективы развития радиотехнических и инфокоммуникационных систем», отражающие результаты и направления современныхфундаментальных и прикладных исследований в различных областях построения радиотехнических и телекоммуникационных систем.

Научные труды сборника представляют интерес для широкого круга научных работников, преподавателей, аспирантов и студентов ВУЗов, связанных с решением проблем построения современных радиотехнических и инфокоммуникационных систем, а также проблем подготовки профессиональных кадров для наукоемких отраслей промышленности.

Материалы научных трудов издаются в авторской редакции.

Редакционная коллегия:

Куликов Г.В., Костин М.С., Малахов Д.В, Битюков В.К., Парамонов А.А., Нефедов В.И., Замуруев С.Н., Гусейн-заде Н.Г., Увайсов С.У., Легкий Н.М., Трубицын А.В., Чернова Н.И., Кочеткова Л.Н., Самохин А.Б., Шестопалов Ю.В., Телицына Р.М.

ISBN 978-5-90363-127-8
ISBN 978-5-90363-129-2

© Оргкомитет конференции

© Московский технологический университет (МИРЭА), 2017

ОРГКОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ

СОПРЕДСЕДАТЕЛИ:

Гуляев Юрий Васильевич – Президент РНТОРЭС им. А.С. Попова, академик РАН, д.ф.-м.н., профессор

Сигов Александр Сергеевич – Президент МИРЭА, академик РАН, д.ф.-м.н., профессор

Кудж Станислав Алексеевич – Ректор Московского технологического университета (МИРЭА), д.т.н.

ЧЛЕНЫ ОРГКОМИТЕТА:

Андреев Г.И. – генеральный директор АО «ЦНИРТИ им. академика А.И.Берга», д.т.н., профессор

Боев С.Ф. – Председатель Совета директоров ОАО «РТИ», Генеральный конструктор ОАО «РТИ», д.т.н., д.э.н., профессор

Верба В.С. – Генеральный конструктор-первый заместитель генерального директора АО «Концерн радиостроения «ВЕГА», чл.-корр. РАН, д.т.н., профессор

Куликов Г.В. – Директор института РТС МИРЭА, д.т.н., профессор

Кутузов В.М. – Ректор СПбГЭТУ «ЛЭТИ», д.т.н., профессор

Меньшиков В.А. — Первый Вице-президент - Генеральный конструктор ассоциации МАКСМ, д.т.н., профессор

Ненартович Н.Э. – Первый заместитель генерального директора – Генеральный конструкторПАО «НПО «Алмаз» им. академика А. А. Расплетина, к.т.н.

Нестеров А.В. – Генеральный директор АО «МНИИРС»

Рагуткин А.В. – Проректор МИРЭА по инновационному развитию, к.т.н.

Сапрыкин С.Д. – Генеральный конструктор ОАО «НПК «НИИДАР», к.т.н., профессор

Самсонов Г.А. – Вице-президент РНТОРЭС им. А.С. Попова, к.т.н., доцент

Третьяков В.А. – Главный конструктор ПАО «МАК «Вымпел», д.т.н., профессор

Чернявский Г.М. – Главный конструктор направления космических средств ЕГСОНПО АО «Российские космические системы», чл.-корр. РАН, д.т.н., профессор

Шестопалов Ю.В. – Профессор Инженерной академии шведского Университета Евле, д.ф.-м.н., профессор

Лубашевский И.А. – Профессор японского университета Айзу, д.ф.-м.н., профессор

ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ:

Председатель: Костин М.С.Ученый секретарь: Малахов Д.В. Руководители секций:

Битюков В.К., Парамонов А.А., Нефедов В.И., Замуруев С.Н., Гусейн-заде Н.Г., Увайсов С.У., Легкий Н.М., Трубицын А.В., Малахов Д.В., Чернова Н.И., Кочеткова Л.Н.,

Самохин А.Б., Шестопалов Ю.В.

САЙТ КОНФЕРЕНЦИИ:

http://forum.mirea.ru/

ПРИВЕТСТВЕННОЕ СЛОВО ОРГКОМИТЕТА

Уважаемые коллеги!

Оргкомитет III Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и перспективы развития радиотехнических и инфокоммуникационных систем» приветствует участников и гостей научного форума в стенах Московского технологического университета (МИРЭА).

Цель конференции - обсуждение проблем, направлений и перспектив развития и совершенствования одного из важнейших кластеров мировой экономики - радиоэлектронной и телекоммуникационной отраслей, обеспечивающих функционирование всех жизненно важных элементов государственной инфраструктуры гражданского и оборонного назначения.

Московский технологический университет (МИРЭА) - признанный в России и в мире современный образовательный и научно-исследовательский центр, сочетающий в своей работе классические университетские традиции и современные образовательные технологии, являющийся сегодня одним из лидеров в области подготовки квалифицированных кадров для стремительно развивающихся наукоемких отраслей - телекоммуникаций, информационных компьютерных технологий, автоматики, кибернетики, радиотехники и электроники.

Мы придаем большое значение развитию и углублению научных, образовательных и деловых связей с российскими и зарубежными партнерами, имеем далеко идущие планы по расширению сотрудничества в научно-технической сфере и надеемся, что конференция позволит всем ее участникам реализовать задуманное.

Среди организаторов конференции наши российские и зарубежные коллеги:

- университеты: Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина), Университет Евле (г. Евле, Швеция), Вильнюсский университет, Университет Айзу (г. Фукусима, Япония).

академические партнеры: Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН, Российское научно-техническое общество радиотехники, электроники и связи им. А.С. Попова, Институт общей физики им. А.М.Прохорова РАН, Научный совет РАН по комплексной проблеме «Гидрофизика».

- ведущие отраслевые предприятия и НИИ ОПК: Московский научно-исследовательский институт радиосвязи АО «МНИИРС», ПАО «НПО «Алмаз» им. академика А.А. Расплетина, АО «Концерн радиостроения «ВЕГА», ОАО «Научно-производственный комплекс «Научно-исследовательский институт дальней радиосвязи» (НИИДАР), АО «Центральный научно-исследовательский радиотехнический институт имени академика А.И. Берга», АО «Российские космические системы» (РКС), АО «РТИ», ПАО МАК «Вымпел».

- Российский фонд фундаментальных исследований (РФФИ).

Желаем участникам конференции плодотворного общения и новых научных результатов!

Оргкомитетконференции

СЕКЦИЯ № 7
БЕЗОПАСНОСТЬ И ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМ «ЧЕЛОВЕК - ТЕХНОЛОГИИ - ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА»

УДК 629.78

ПРОГРАММА РАЗРАБОТКИ, СОЗДАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ УЧЕБНО-НАУЧНОГО ЦЕНТРА КОСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА «КОСМОЦЕНТР» НА БАЗЕ МОСКОВСКОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

© Сигов А.С., Кудж С.А., Рагуткин А.В., Куликов Г.В., Замуруев С.Н., Трубицын А.В., Телегин В.А., Меньшиков В.А., Шершаков В.М., Иванов В.Н., Позин А.А., Полушковский Ю.А., Телегин В.А.

Аннотация. Формулируется концепция разработки и поэтапного создания автономной системы космического мониторинга (СКМ) на базе Российского технологического университета. Рассматриваются цели и задачи, этапы создания, назначение и функционал СКМ.

Ключевые слова. Космический мониторинг, спутниковая навигация, малоразмерные космические аппараты (МКА), космические информационные технологии, ракета-носитель.

Получение объективной оперативной информации о процессах, протекающих на Земле и в околоземном космическом пространстве является важнейшей задачей национальной и глобальной безопасности, необходимым условием для принятия взвешенных управленческих решений. Развёртывание программы разработки, создания и последующей эксплуатации автономной системы космического мониторинга (СКМ) на базе Российского технологического университета преследует две основных цели: во-первых, привлечение студентов и аспирантов к участию на всех этапах создания и последующей эксплуатации СКМ и, во-вторых, создание реально действующей СКМ, которая после прохождения соответствующих процедур государственной аттестации и аккредитации сможет войти в общегосударственную СКМ. Потенциальными потребителями этой мониторинговой информации могут являться все заинтересованные хозяйствующие субъекты, и, в первую очередь, учреждения РАН, структуры МЧС, Росгидромет, Минприроды, Минобороны, другие силовые ведомства. Уже сегодня наш университет обладает достаточным потенциалом, чтобы в кооперации с рядом специализированных организаций поставить амбициозную задачу разработки и создания автономной СКМ МИРЭА. Трудно переоценить положительный эффект от развёртывания этой программы в деле повышения

эффективности подготовки выпускников нашего университета, так как предполагается участие в этой программе всех без исключения кафедр института РТС, а также кафедр других институтов с широким привлечением студентов и аспирантов к этой работе. В настоящее время в институте РТС прорабатывается вопрос открытия нового образовательного профиля "Радиотехнические системы мониторинга окружающей среды", который будет прямо ориентирован на эти задачи. По нашему мнению, будущая СКМ МИРЭА должна планироваться как открытая система, допускающая наращивание её функциональных возможностей по мере развития. Очевидно, что создание СКМ будет поэтапным. На первом этапе должна быть поставлена задача вполне реалистичная и в то же время функционально завершённая. Представляется, что начать эту работу следует с разработки и создания наземного учебно-научного центра космического мониторинга (Космоцентра), который предполагается разместить в корпусе Б главного здания МИРЭА на кафедре радиолокации и радионавигации.

Учебно-научный центр космического мониторинга (УНЦ «КосМоЦентр») предназначен для научных исследований и практической подготовки студентов к решению задач радиотехнического мониторинга окружающего пространства по данным дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) из космоса и мониторинга состояния космических аппаратов в околоземном пространстве. УНЦ предполагается использовать как в интересах учебного процесса, так и для организации проведения НИОКР в интересах различных потребителей, в том числе и зарубежных.

В процессе создания центра, приоритетными направлениями являются: создание аттестованного антенного поста и создание аттестованных имитационно-моделирующих стендов в области радионавигации и радиолокации.

Устройство антенного поста обусловлено необходимостью контроля состояния спутниковых группировок различных государств, находящихся на орбите. Это касается как навигационных спутниковых группировок, так и спутников другого назначения. Контроль спутников СРНС предполагается проводить в рамках созданного под эгидой ООН Международного комитета (МК ГНСС) по спутниковой навигации.

Мониторинг навигационных сигналов можно условно разделить на 2 основные категории: 1) контроль радиотехнических параметров сигналов (мощность излучения, спектральные и временные характеристики, параметры модуляции и поляризации и т.п.), 2) контроль цифровой информации, передаваемой в составе навигационных сигналов (полнота передаваемой информации, точность эфемерид и бортовых часов КА и т.п.).

В настоящее время в системе ГЛОНАСС отсутствует полномасштаб-

ная система мониторинга навигационных сигналов, отвечающая перечисленным выше требованиям. Осуществляется лишь периодический контроль передаваемой цифровой информации.

Мониторинг сигналов со спутников иных систем обусловлен необходимостью контроля состояния этих систем и контроля параметров траекторий этих спутников.

Заинтересованными организациями данной системы являются НИИ КП, МАК «Вымпел», РТИ и ряд других.

Создание аттестованных имитационно-моделирующих стендов в области радионавигации и радиолокации позволит решать задачи, связанные с созданием систем дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ).

УНЦ «КосМоЦентр» позволит студентам отрабатывать полный технологический цикл целевого использования БСК КА ДЗЗ.

Предлагаемые имитационно-моделирующие стенды, созданные на основе передовых контрольно-измерительных приборов, позволят создать в МИРЭА уникальные комплексы и стенды для проведения НИОКР. Структура УНЦ приведена на рис. 1.

Следующим этапом может явиться разработка и создание собственного спутника.

Создание и развитие космических средств и технологий дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) является в настоящее время одним из важнейших направлений применения космической техники для решения социально-экономических и научных задач. Особое место в космической системе ДЗЗ в последнее десятилетие стали занимать системы из малоразмерных космических аппаратов (МКА), решающие широкий спектр мониторинговых задач. В текущий момент времени цена выведения космического аппарата на орбиту сопоставима или даже превышает стоимость его создания, что обусловливает исключительную важность форсирования разработок сравнительно малых КА, в том числе мини- и микро- классов.

Первые МКА появились как опытные образцы университетских разработок, используемые либо как средство приобретения опыта в создании и эксплуатации космической техники, либо как инструмент для отработки новых инженерных и технологических решений. Однако, уже в конце прошлого и начале этого столетия, благодаря новейшим достижениям в электронике и других областях науки и техники, приведшим к возможности миниатюризации практически всех служебных систем КА без ущерба для их функциональных качеств, появилась возможность использовать МКА для решения достаточно сложных научных и прикладных задач. При этом, относительно небольшая стоимость создания отдельного МКА вместе с возможностью организации группового запуска нескольких таких аппаратов позволяет значительно снизить стоимость реализации различных космических проектов.

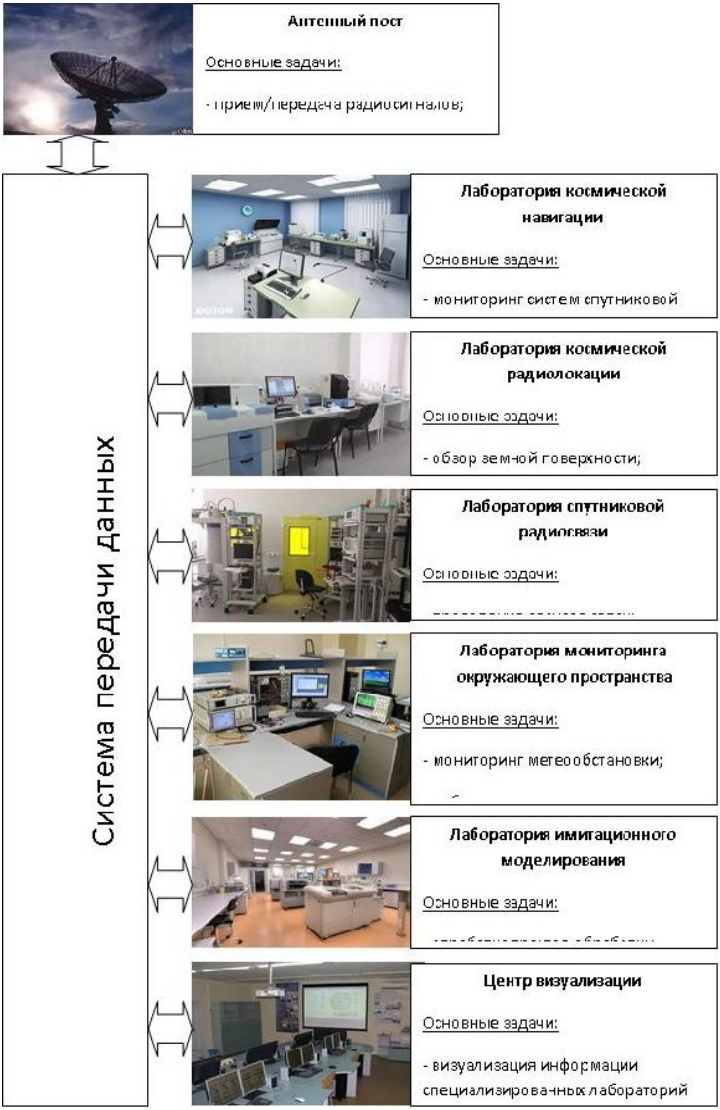


Рис.1. Структура УНЦ.

В мире уже успешно эксплуатируются десятки МКА дистанционного зондирования Земли. В различных стадиях разработки находятся несколько десятков новых проектов по реализации перспективных возможностей как наблюдения земной поверхности и атмосферы, так и исследования околозем-

ного космического пространства. Наблюдается не только быстрый прогресс в области повышения технического уровня КА, но также и сокращения затрат на их создание и эксплуатацию. Уменьшение массы космических аппаратов позволяет произвести запуск большего их количества при той же стоимости, а пространственно-распределенная космическая система из небольших МКА способна решать задачи, не подвластные одному большому. Наметившаяся тенденция обусловлена применением новых конструкционных материалов и методов проектирования, минимизацией массогабаритных характеристик КА, разработкой унифицированных орбитальных платформ и «интеллектуализацией» бортовых функций на основе современных компьютерных средств и технологий. Дополнительный динамизм этому процессу придают перспективные возможности формирования многоспутниковых («кластерных») космических систем из разнотипных КА ДЗЗ, решающих задачи мониторинга чрезвычайных ситуаций, включая обнаружение места ЧС с оценкой масштабов и характера разрушений, прогнозирование землетрясений и других разрушительных природных явлений, оповещение о цунами, наводнениях, селях, химическом заражении местности, лесных пожарах, крупных разливах нефтепродуктов и т.п.

Значительное уменьшение затрат на создание и ввод в эксплуатацию МКА, а также сокращение времени на их производство и наземные испытания позволяет обеспечить им определенные преимущества перед большими КА:

- значительное увеличение оперативности получения данных наблюдения за счет создания необходимой по численности группировки малых аппаратов;
- более быстрое внедрение новых технических разработок и технологий съемки;
- увеличение «надежности» группировки за счет ее быстрого восполнения в случае необходимости.

Кроме того, относительно малая стоимость МКА позволяет привлекать для их создания предприятия малого бизнеса и высшие технические учебные заведения, т.е. способствует созданию «пограничной зоны» разработка/образование.

Внедрение космических информационных технологий с применением МКА поддерживается сегодня современными тенденциями развития науки и техники, а появление на рынке малых, в т.ч. конверсионных, ракет-носителей и авиационных систем выведения расширяет возможности космических группировок при решении ими таких задач, как:

1. Метеорологический, в т.ч. атмосферный мониторинг.
2. Экологический мониторинг.
3. Мониторинг ионосферы, магнитосферы и гравитационного поля Земли.
4. Астрофизические исследования.

5. Отработка и демонстрация новых промышленных и информационных технологий.

Об исключительном внимании за рубежом к проблеме создания космических систем различного назначения на базе МКА свидетельствует тот факт, что в США 10 университетов заявили о 100 проектах, касающихся МКА нанокласса. Похожие проекты реализуются Европейским космическим агентством, в Японии, Китае и других странах. Имеются примеры положительных решений и в нашей стране. Все названное свидетельствует о том, что мировая наука, а также государственные ведомства давно прошли стадию теоретического осмысливания целесообразности и возможности осуществления подобных проектов, а разработчики и потенциальные инвесторы начинают осуществлять крупномасштабное наступление в области новейших космических технологий.

Например, в нашей стране только НПО им. С.А. Лавочкина предлагает к созданию целый ряд мониторинговых КА на базе малоразмерной спутниковой платформы «Карат»: «МКА-ФКИ» в модификациях «Моника-Рэлек», «Конус», «Странник», «Арка». Аналогичные разработки ведут ВНИИЭМ, ЦСКБ «Прогресс», ГКНПЦ им. М.В. Хруничева и другие предприятия ракетно-космической отрасли. Анализ проектов целевой аппаратуры МКА, разрабатываемых целым рядом российских приборостроительных организаций (АО РКС, НПП «Оптэкс», НПО «Лептон», ОКБ МЭИ, НИИ ТП, НИИ ПП, ИОА СО РАН, КМЗ, ИПМ им. М.В. Келдыша РАН и др.) подтверждает возможность создания МКА микро- и мини-классов для решения задач научной и хозяйственной деятельности, а также для прогнозного мониторинга природных и техногенных ЧС (катастроф).

Имеются примеры запуска и последующей эксплуатации МКА, созданных с привлечением студенческих творческих коллективов МГУ им. М.В.Ломоносова, ВИКА им. А.Ф. Можайского, МАИ, МГТУ им. Н.Э.Баумана и др. … *Самара…*

Дополнительные возможности по достижению конечных целей НИР открываются в связи с её научно-технической новизной, которая заключается в создании прототипов перспективной мало-массогабаритной целевой аппаратуры прогнозного космического мониторинга оптического и СВЧ-диапазонов (лидары для обнаружения аномалий концентрации аэрозолей в приземном слое атмосферы, инфракрасные Фурье-спектрометры для её дистанционного зондирования; лазеры и гиперспектрометры видимого и ИК-диапазонов для дистанционного определения химического состава земных пород и распознавания образов).

Объединение усилий ученых и специалистов ведущих ВУЗов страны и профильных предприятий ракетно-космической отрасли позволяет всесторонне и полно оценивать перспективы создания группировок на базе МКА с точки зрения возможности развёртывания на их основе спутниковых кластеров, участвуя как в выработке соответствующих предложений и рекомендаций в проект очередной редакции Федеральной космической

программы России, так и в выполнении ряда НИОКР.

Нам представляется весьма интересным и полезным с точки зрения перспектив практической реализации в ходе предстоящих на нашей конференции дискуссий обсудить вопросы участия специалистов, аспирантов и студентов Университета в создании, последующем запуске и эксплуатации малоразмерного космического аппарата. Выполнение комплекса мероприятий на всем протяжении жизненного цикла МКА специалистами Университета позволит им не только реализовать свои научные и конструкторские решения, но и приобрести ценный опыт в области космических технологий. При реализации таких намерений ученые, аспиранты и студенты Университета получат возможность на протяжении 1-3 лет принять участие в полном цикле работ по разработке МКА от выработки его концепции, конструирования, участия в изготовлении и наземном тестировании, до его эксплуатации и обработки получаемых данных. Вместе с тем студенты обретут опыт в подготовке документации, правильном использовании финансовых ресурсов, рабочей силы и рабочего времени т.е. подготовки и внедрения проекта в жизнь с учетом приобретения знаний по планированию рисков, организации совещаний и навыков работы в коллективе.

Следует отметить, что возможности МКА в части размещения на их платформе целевых бортовых приборов ограничены. Так, аппаратурой, лимитирующей массу малоразмерных КА, являются трехчастотный лидар, двухчастотный радиолокатор бокового обзора (РЛБО) с синтезированной апертурой, бортовая информационная система (БИС) и микроволновый температурно-влажностный зондировщик и иные.

Обоснование выбора целевой функции нашего МКА и, как следствие состава бортовой целевой научной аппаратуры – вопрос в известной мере дискуссионный. Но уже сейчас можно полагать, что наиболее актуальным направлением может быть рассмотрено исследование околоземного космического пространства, а именно, магнитосферы и ионосферы Земли. Предлагаемое направление обусловлено не только тем фактом, что практически все известные «студенческие» МКА были ориентированы на решение задач дистанционного зондирования Земли в оптическом или инфракрасном спектрах, а задачи геофизического мониторинга оставались «в тени». Предлагаемое нами направление обусловлено также и тем, что сроки создания специальных космических систем геофизического мониторинга, изначально заявленное в Федеральной космической программе России на 2016-2025 годы (утверждена постановлением Правительства РФ № 230 от 23.03.16 г.) по ряду объективных причин сдвинуты на 2022-2024 годы.

Предоставление данных оперативного мониторинга ионосферы Земли, получаемых посредством одного или нескольких МКА геофизического назначения, отвечают потребностям Росгидромета. Кроме того, геофизическая аппаратура МКА может и должна быть применима для решения задач обнаружения предвестников природных и техногенных ЧС, которые могут

проявляться на ранних стадиях их проявления и развития. В состав комплекса бортовой геофизической аппаратуры МКА целесообразно предусматривать включение приборов, апробированных, например, на КА «DEMETER», а также новые приборы, включая:

− УНЧ-ОНЧ волновой комплекс для измерения волновых излучений в диапазоне частот от 0,1 до 23 Гц;

− высокочастотный волновой комплекс для измерения спектра электромагнитных излучений (в диапазоне от 0,1 до 15 МГц) и электронной плотности;

− измеритель 3-х компонент квазипостоянного электрического поля;

− спектрометр энергичных частиц для измерения энергетического распределения и вариаций интенсивности потоков электронов и ионов с энергиями от 20 кэВ до 2 МэВ;

− фотометр (оптический спектрометр) для измерения характеристик атмосферных эмиссий (основные линии кислорода, гидроксил и др.);

− плазменный комплекс для измерения ионного и нейтрального состава, плотности, вариаций плотности и компонент скорости дрейфа плазмы;

− трехкомпонентный магнитометр для измерения вариаций магнитного поля;

− аппаратуру для высокоточных измерений высотного распределения электронной концентрации по данным ионосферного спутникового зондирования с использованием сигналов КА глобальных навигационных систем ГЛОНАСС/GPS;

− аппаратуру для регистрации различных компонент космической радиации;

− гравиметрический комплекс для измерения аномалий гравитационного поля Земли.

Для обеспечения полноты и автономности СКМ МИРЭА её необходимо дополнить ракетой-носителем. И такая возможность имеется в связи с наметившемся сотрудничеством между МИРЭА и НПО «Тайфун» Росгидромета, разработавшим ракету-носитель МР-30.

В последнее время в США, Канаде, Китае, Японии все большее внимание уделяется проведению метеорологических и геофизических исследований как с помощью ракетного зондирования, так и с помощью искусственных спутников Земли (орбитальные технологии).

В настоящее время в области создания и эксплуатации ракетно-космической техники отчетливо наблюдается динамика развития сегмента малых космических аппаратов (МКА) для дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). В силу своих особенностей (в первую очередь небольшой стоимости) такие спутники могут полностью изготавливаться широким кругом научных и учебных организаций. В целом это создает жесткую конкуренцию за научные и технические идеи, а так же их реализацию. В настоящее время в мире в стадии подготовки и реализации находится несколько десятков проектов не толь-

ко по солнечно-земным связям, но и по геофизическим исследованиям. Однако, из-за малости размеров спутников и ограничений по орбитам, выбор эффективно решаемых научных задач для таких проектов затруднен.

Основная российская научная космическая программа, отраженная в ФКП-2025, ориентирована на достаточно редкие крупные проекты. В этой связи возможность постановки относительно быстрых и малозатратных научных экспериментов на МКА, в том числе реализуемых по инициативе вузов, НИИ, предприятий, является достаточно привлекательной. Наряду с существенным увеличением числа запусков это сделает возможным оперативное решение отдельных актуальных задач, тестирование приборов и методик, приведет к общему оживлению научной космической деятельности.

Интерес к созданию МКА размерности нано (до 10 кг) и пико (до 1 кг) мировые космические державы проявляют с целью снижения затрат на получение информации с околоземной орбиты.

При этом имеют место и сдерживающие факторы использования традиционных космических технологий запуска, которые одновременно стимулируют процесс пересмотра проводимой технической политики в космической отрасли в пользу системной миниатюризации орбитальных средств – создания МКА и специализированных систем запуска к ним. К таким факторам относятся:

– сроки создания отечественных КА, определенные ФКП-2025 (от 3 до 5 лет), создание и запуск приоритетных аппаратов в существующей системе планирования и заказов космических средств, особенно МКА – исключен;

– планы места и времени запусков КА, находящиеся в зависимости от пропускных возможностей космодромов и рассчитаны на долгосрочную перспективу, внеплановый запуск МКА возможен только попутным грузом при наличии такой возможности и в результате прохождения длительного процесса согласования, так как отсутствуют независимые системы запуска.

Концепция создания независимой системы запуска МКА, предусматривает:

– снизить затраты на создание и производство МКА;

– рассматривать средства запуска МКА как многофункциональные и независимые от объектов наземной космической инфраструктуры, по месту фактической дислокации структурных подразделений, например, СРЗА «Тикси» Росгидромета, вне известных космодромов и полигонов, что снизит затраты на пуск ракеты до 40…50 млн. руб.;

– снизить экологическую нагрузку на природную среду по месту дислокации МРК и в районах падения;

– создавать оперативные резервы ракет для запуска и МКА на случаи необходимости в чрезвычайных и других непредвиденных ситуациях.

Реализация такой современной технологии запуска МКА в России возможна на базе научно-технического задела, полученного ФГБУ «НПО «Тайфун» и ОКБ «Новатор» при создании исследовательского метеорологического

ракетного комплекса (РК) МР-30. Комплекс прошел необходимый объем испытаний и принят в эксплуатацию. При соответствующей модернизации ракета МН-300 комплекса МР-30 позволит оперативно выводить МКА на низкие околоземные орбиты. Комплекс МР-30 является единственным отечественным аналогом микроракетного комплекса (МРК) сверхлегкого класса.

Схема модернизации ракеты МН-300 представлена на рисунке 2.

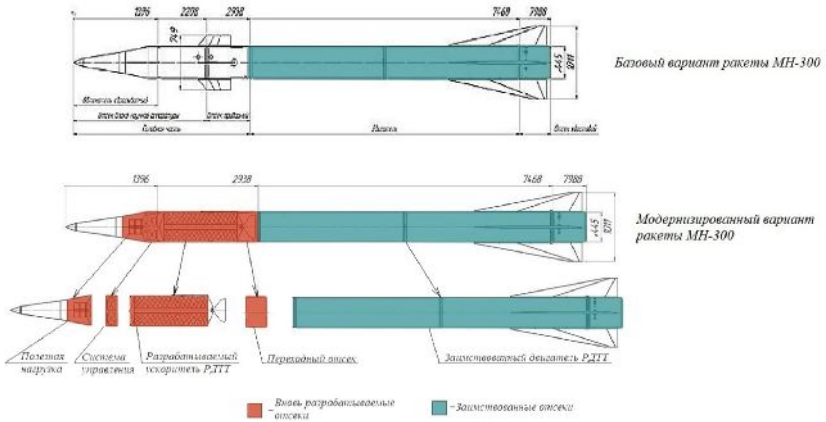


Рис. 2. Схема модернизации ракеты МН-300.

Проведённый анализ массово-энергетических возможностей как ракеты МН-300, так и комплекса РК в целом, показал, что имеется возможность проведения модернизации базового комплекса (РК МР-30) и его составных частей с целью сознания перспективной системы запуска МКА. При этом сохраняются высокие показатели по оперативности проведения пусковых работ и минимизации состава персонала для проведения всего цикла подготовительных и пусковых работ. Стоимость доставки 1 кг полезной нагрузки на орбиты порядка 200 км составит 4-6 тыс $.

В таблице 1 приведены основные массово-энергетические характеристики ракеты-носителя для вывода МКА.

Диверсификация задела по РК МР-30 позволит:

1. Создать многофункциональный, передвижной МРК для запуска МКА различного назначения.

2. Обеспечить высокую степень готовности к пуску ракеты МРК с момента ее расконсервации в течение одного рабочего дня и при соответствующей цикличности запуска МКА с одной пусковой установки.

3. Получить необходимую заказчику информацию с МКА по мониторингу объектов в заданный период времени (суток, декады месяца, сезона и года), и доводить ее до потребителя в реальном масштабе времени.

4. Решать вопросы дислокации стартовой позиции МРК (наземного базирования и морского) с учётом выполнения экологических требований, минимальных издержек на логистику и эксплуатацию пунктов приема бортовой информации с МКА.

5. Отработать в натурных условиях запуск с МРК опытных образцов МКА, для этого, например, можно адаптировать к платформе ракеты МН-300 заделы по МКА Самарского национального исследовательского университета имени академика С.П. Королева, Сибирского государственного аэрокосмического университета имени М.Ф. Решетнёва (СибГАУ) и других разработчиков.

Таблица 1. Массово-энергетические характеристики РН.

№	Наименование параметра	Значение	Примечание
1.	Начальная масса РН, кг	1 558,34	
2.	Начальная тяговооруженность, б/р	7,09	
3.	Масса полезного груза, кг	10	наноспутники
4.	Количество ступеней, шт.	2	
5.	Длинна ракеты, мм	8012	
Параметры ракетного блока первой ступени			
6.	Тип топлива	СТТ	Смесевое твёрдое топливо
7.	Масса топлива, кг	1 039,8	
8.	Удельная тяга двигателя (земная), сек	248	
9.	Время работы двигателя, сек	23	
10.	Диаметр 1-ой ступени, мм	445	
11.	Масса ракетного блока, кг	1 281,34	
12.	Масса конструкции, кг	241,54	
Параметры ракетного блока второй ступени			
13.	Тип топлива	СТТ	Смесевое твёрдое топливо
14.	Масса топлива, кг	245	
15.	Удельная тяга двигателя (пустотная), сек	273	
16.	Время работы двигателя, сек	25,0	
17.	Диаметр 2-ой ступени, мм	445	
18.	Масса ракетного блока, кг	267	
19.	Масса конструкции, кг	22	

Это дает возможность отработать новые технологии, т.к. отпадает необходимость постоянного задействования КА ДЗЗ на солнечно-синхронных орбитах (ССО), для сезонного или чрезвычайного контроля. Поэтому запуск за год 3…5 аппаратов МКА со сроком активного существования до 90 суток может дать экономию средств для решения ряда задач, связанных с мониторингом окружающей среды, более чем на 75% по срав-

нению с затратами на привлечение КА ДЗЗ на ССО и сделает этот сегмент конкурентоспособным на рынке космических услуг и привлекательным для частных инвестиций, в т.ч. венчурных.

Успешная реализация предлагаемого задела позволит рационально перераспределить функции заказчика по разработке, подготовке и проведению пусковых работ, эксплуатации орбитальных группировок МКА, с передачей функций сертифицированным подразделениям СРЗА Росгидромета, располагающими подготовленными коллективами специалистов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *А.А. Шидловский* Метеорологические ракетные комплексы СССР и исследования атмосферы на высотах до 250 км, Санкт-Петербург Гидрометеоиздат, 2003 г.

2. *В.Н. Гринберг, А.А. Позин, В.В. Соболева и др.* Исследовательские и метеорологические ракеты мира – Л.: Гидрометеоиздат, 1979 г.

3. *Ю.В. Костев, Ю.А. Матвеев, А.А. Позин* «Задача модификации базовой исследовательской геофизической ракеты для проведения различных ракетных экспериментов» Идеи К.Э. Циолковского: прошлое, настоящее, будущее: материалы XLIX Научных чтений памяти К.Э. Циолковского - Калуга: Издательство «Эйдос», 2014 г.

4. Меньшиков М.И., Макаров М.И., Пушкарский С.В. Многофункциональная космическая система Союзного государства. – М.: НИИ КС, 2007.

5. Меньшиков В.А., Клименко Ю.Л., Лысый С.Р. и др. Создание семейства микроспутников «Союз-Сат» многофункциональной космической системы Союзного Государства. Материалы III Белорусского космического конгресса. Минск. 2007.

6. Space for Security and Prosperity of the Peoples / Editors: J.-M. Contant and V.A. Menshikov. – Moscow: Maksimov Space Systems Research Institute, 2010.

THE CONCEPT OF DEPLOYING A PROGRAM FOR DEVELOPING AND EXPLOITING AUTONOMOUS SPACE MONITORING SYSTEM AT THE PREMISES OF RUSSIAN TECHNOLOGICAL UNIVERSITY

© Sigov A.S., Kudzh A.S.m Ragutkin A.V., Kulikov G.V., Zamuruev S.N., Trubitsyn A.V., Telegin V.A., Menshikov V.A., Shershakov V.M., Ivanov V.N., Pozin A.A., Polushkovskiy Yu. A.

Abstract. The article formulates a concept for developing and staged creation of an autonomous space monitoring system (SMS) at the premises of Russian Technological University. The authors explore the system's targets and goals, stages of development as well as the purpose and functionality.

Key words. space monitoring, satellite navigation, small spacecraft, space information technologies, carrier rocket.

УДК 551.46

КОМПЛЕКСНАЯСИСТЕМАМОНИТОРИНГА ПРИБРЕЖНЫХ АКВАТОРИЙ И ТЕХНОЛОГИЯ ЕЕ ПОСТРОЕНИЯ НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПОВОПЕРАТИВНОЙ ОКЕАНОГРАФИИ

А.В. Фролов[1] ,А.С. Сигов[2], В.М. Кутузов[3], Г.К. Коротаев[4], Н.Н.Михайлов[1], Г.В. Куликов[2], А.В. Трубицын[2], С.Н. Замуруев[2], А.Г. Зацепин[5],В.В.Коваленко[5],В.А. Телегин[5], А.А. Каптюг[5]

[1]*Росгидромет, г. Москва, Россия,* send@alexfrolov.com

[2]*Московский технологический университет, г. Москва, Россия, trubitcyn@mirea.ru*

[3]*СПбГЭТУ «ЛЭТИ», г. Санкт-Петербург, Россия,* VMKutuzov@etu.ru

[4]*ФГБУН Морской Гидрофизический институт РАН, г. Севастополь, Россия,* korotaevgen@mail.ru

[5]*Институт океанологии им. П.П. Ширшова, г. Москва, Россия,* hydrophys@mail.ru

[6] *Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова (ИЗМИРАН), г. Москва, Россия,* telvika@gmail.com

Аннотация. Представленообщее описание комплексной системы мониторинга прибрежных акваторий. Предложены базовые требования к структуре и общему алгоритму функционирования открытой комплексной системы мониторинга прибрежных акваторий и регионов, а также технология ее построения на основе принципов оперативной океанографии.

Ключевые слова. Мониторинг, измерительные и информационные системы, усвоение данных, численное моделирование, прогноз состояния морской среды.

Проблема мониторинга прибрежных акваторий ранее была рассмотрена в работе [1]. Материалы настоящей статьи базируются на этой работе.

Решение задач безопасной эксплуатации прибрежных акваторий, выявления объектов подводного наблюдения, своевременного обнаружения предвестников чрезвычайных ситуаций, контроль уровня загрязнений прибрежных вод промышленными и бытовыми отходами, освоения территорий Крайнего Севера требует создания комплексной системы мониторинга прибрежных акваторий (КСМ). Такая система должна включать различные уровни масштабов мониторинга (мега-, мезо- и микро- уровни) и быть способной выявлять неоднородности и изменения гидрофизических свойств среды в реальном масштабе времени с учетом реальной скорости их изменчивости.

Выбор и обоснование объекта мониторинга. С различных точек зрения область пространства, включающая прибрежные морские акватории (до 300-400 км от берега), прибрежные районы суши (до 100 км от берега) и нижние слои тропосферы (до 2-3 км от уровня моря), представляет повышенный научный фундаментальный и прикладной интерес.

С фундаментальной точки зрения эта приграничная область взаимодействия трех сфер Земли: литосферы, гидросферы и атмосферы. Именно в этой области наиболее сильно проявляются механизмы переноса и обмена веществом, энергией и информацией между указанными сферами. Глубокое, детальное изучение этих механизмов и закономерностей, а также построение адекватных моделей этих процессов для краткосрочного и долгосрочного прогнозирования в целях адекватного реагирования на изменение характеристик среды, возможно только на основе данных комплексного мониторинга группы параметров, характеризующих состояние среды.

Именно в этой области наблюдается наибольшая активность гражданского, рыболовецкого и военно-морского флотов, маломерный морской флот сосредоточен исключительно в прибрежных акваториях. Получение достоверной текущей информации о состоянии акваторий, а также своевременных краткосрочных и среднесрочных прогнозов развития этих состояний для потребителей упомянутых категорий являются жизненно важными.

С оборонной точки зрения эти акватории являются зонами исключительного интереса. Военно-морскими доктринами большинства прибрежных государств подчеркивается исключительная стратегическая и тактическая важность прибрежных акваторий.

Поставленная Президентом Российской Федерации задача освоения северных территорий страны не может быть решена без создания адекватной требованиям практики системы мониторинга прибрежных территорий суши и акваторий северных морей и Северного Ледовитого океана.

Облик комплексной системы мониторинга и основные требования к ней. Облик комплексной системы мониторинга и основные требования к ней определяются целью ее создания, а именно, получением максимально достоверной, достаточной информации в реальном масштабе времени по заявленному перечню параметров для решения следующих задач:

1) создание и хранение пополняемой базы данных наблюдений динамики состояния прибрежных акваторий и регионов;

2) построение краткосрочных, среднесрочных и долгосрочных моделей динамики доминирующих процессов в прибрежных акваториях и регионах;

3) разработка сценариев развития текущих событий с допустимой кумулятивной вероятностью;

4) предоставление запрашиваемой информации потребителям.

Для решения сформулированных задач КСМ должна удовлетворять следующим требованиям:

1) Открытость. Под открытостью следует понимать возможность развития КСМ по следующим направлениям:

· увеличение числа и плотности сети, однотипных измерительных систем и информационных подсистем;

· расширение типов используемых измерительных систем и информационных подсистем, в том числе, работающих на современных физических и информационных принципах;

· возможность интеграции КСМ с другими, в том числе, международными системами мониторинга;

2) Комплексность. Под комплексностью понимается:

· сведение информации о динамике параметров различных процессов и явлений в морской среде в единую систему с целью выявления причинно-следственных закономерностей и их корреляции;

· использование различных физических принципов получения информации о динамике параметров системы с целью повышения достоверности данных измерений;

· использование различных платформ размещения измерительных систем и информационных подсистем:

§ контактных (наводных, подводных, наземных, подземных, на летательных аппаратах);

§ дистанционных (радиолокационных, тепловых, магнитометрических, акустических, оптических, лидарных, космических);

§ стационарных и мобильных.

Адаптация комплексных систем мониторинга прибрежных районов океанак особенностям объекта мониторинга. Прибрежные акватории характеризуются высокой степенью изменчивости гидрофизических параметров (температуры, плотности, скорости звука, солености, электропроводности, давления, скорости течения и др.), а также концентрации загрязняющих веществ и биологической продукции. Эта изменчивость формируется под влиянием переменных внешних воздействий (приливов, динамики вод глубоководной зоны моря, ветра, берегового стока, орографии берега и топографии морского дна и др.) К факторам, влияющим на формирование полей в водном слое следует добавить естественные магнитное и электрическое поля.

Указанная выше изменчивость свойств водной среды имеет различные, зависящие от районов океана свойства, характеризуемые определенными пространственными масштабами и интервалами времени. Согласно [3] характерными для условий глубокого моря являются временные интервалы, оцениваемые днями и неделями, масштабы – сотнями километров. Изменчивость указанных гидрофизических свойств среды в прибрежных, как правило, мелководных районах, характеризуется временными интервалами, оцениваемыми часами и даже минутами. Пространственные масшта-

бы: километрами – сотнями метров. Это накладывает определенные требования к пространственно-временному разрешению КСМ для прибрежных акваторий. Например, для расчёта условий распространения

Оценка существующего информационного ресурса. В соответствии с положениями Морской доктрины Российской Федерации до 2020 года создана Единая государственная система информации об обстановке в Мировом океане (ЕСИМО) на основе объединения средств различной ведомственной принадлежности и имеющая в своем составе военный контур [2,4]. В функционировании и применении единой системы задействованы организации 12 министерств (агентств) России, деятельность которых связана с изучением, освоением и использованием Мирового океана. Функционирует «оперативный модуль ЕСИМО»[5]. Задействованы различные источники информации, созданы модели и процедуры усвоения данных. На текущий момент ЕСИМО интегрирует более 230 оперативных и неоперативных баз данных по более 500 параметрам обстановки в Мировом океане, предоставляемых более чем 20-ю ведомственными информационными системами. При решении ряда задач, например, связанных с кораблевождением, спасанием на море, экологическим мониторингом можно пользоваться данными указанной системы. Тем не менее, в работе [6], посвященной применению информации военного контура ЕСИМО, делается вывод: «…информационных ресурсов ВМФ недостаточно для оперативного гидрометеорологического обеспечения флота сведениями о текущем и ожидаемом состоянии гидрофизических полей (температура, соленость, скорость звука) синоптического масштаба, положении фронтов, вихрей и других неоднородностей гидрофизических полей, о полях течений, волнении в прибрежных районах морских акваторий, внутренних волнах и других условиях, важных для планирования действий ВМФ».

Смысл и механизм применения методовоперативной океанографии в задачах безопасной эксплуатации прибрежныхакваторий. Примерно два десятилетия тому назад на основе совместного применения привязанных к конкретным акваториям четырехмерных моделей геофизической гидродинамики, сети размещенных в океане измерительных средств и средств дистанционного зондирования океана со спутниковых платформ (альтиметрия) были созданы системы восстановления (оценки) гидрофизических свойств в полном объеме водного слоя в реальном масштабе времени.

В состав таких систем включены численные модели, способные описывать и прогнозировать изменчивость гидрофизических характеристик среды в заданной акватории в требующемся окне пространственно-временных масштабов, и средства сбора натурной океанологической информации. Обязательным функциональным элементом указанных систем является ассимиляция данных наблюдений с помощью прогностических моделей, которая обеспечивает оптимальную оценку информативных па-

раметров водной среды по критерию максимальной достоверности модельных полей и натурных данных. Учитывая, что применительно к произвольному (особенно мелководному) району открытого моря указанные выше действия часто приводят к большим ошибкам или вообще к не реализуемости процедуры сопряжения моделей и экспериментальных данных, используют «технологию вложения». Это важный прием оперативной океанографии. Он заключается в том, что создается не одна система, а ряд разномасштабных систем. Этот ряд включает связанные между собой глобальные, региональные и локальные системы. Пространственный охват и разрешающие способности указанных видов систем различны. Их связь заключается в том, что глобальные системы последовательно поставляют информацию в системы региональные, а те, в свою очередь, в локальные. Таким образом, достигается и высокое разрешение, и устойчивость получаемых результатов, и их надежность. С инженерной точки зрения указанные системы, помимо измерительных океанологических средств, включают центры сбора и обработки данных, средства связи и управления.

Источники океанологической информации. К важным источникам информации, следует отнести средства дистанционного зондирования океана, размещаемые на спутниковых платформах. Это измерители пространственного распределения температуры поверхности моря, средства измерения уровня моря (радиолокационные альтиметры) и локаторы с синтезированием апертуры. К сожалению, океанологических спутников с альтиметрами в России нет. Океанологические станции представляются в виде якорных и дрейфующих буев, способных измерять (профилировать) зависимости температуры, электропроводности и плотности воды от глубины. Следует упомянуть буи, размещаемые на ледовой поверхности. Особым классом измерителей характеристик водной среды с оперативной передачей данных в пункт сбора является современная подводная измерительная, автономная техника. В отличие от позиционных средств, это - мобильные измерители. Среди этого класса надо выделить аппараты-планеры (глайдеры от англ. glider). Несущие различные океанологические, гидрофизические и акустические сенсоры, эти устройства способны выполнять миссии продолжительностью до года и более. В настоящее время в мире наблюдается бурное развитие и практическое использование техники этого класса. Предполагается массовое, групповое применение этих устройств с адаптацией к конкретным океаническим условиям. Это те технологии, которые в значительной степени и во многих отношениях определяют лицо систем будущего. Это важная и объемная тема и ей может быть посвящена отдельная статья. В России такая техника появилась. Дело теперь за практическим ее применением. В ряду значимых для решения обсуждаемой задачи информационных средств, следует отметить прибрежную коротковолновую многопозиционную радиолокацию, ориентированную на сбор данных о поверхностном волнении и течениях. Этот вид информационного ресурса применительно к обсуждаемой задаче нашел широкое применение в ряде

стран мира. Достижимые расстояния от береговой черты (первые сотни километров) могут оказаться чрезвычайно важными для приложений. Это потенциально доступный для России информационный ресурс, но требующий существенных усилий для его практической реализации. Значительная работа в этом направлении осуществлена НТЦ ОАО «НПК «НИИДАР», а также в СПбГЭТУ «ЛЭТИ». Наконец, следует упомянуть корабельную составляющую. Результаты судовых измерений (экспедиционных и попутных) учитываются, главным образом, при формировании баз данных и отсроченной информации. В ЕСИМО этот вид информации значим. Однако современный взгляд на судовые измерения приводит к представлениям о новом облике судов океанологической поддержки, как носителей развертываемых в пространстве автономных измерительных систем. Примеры работающих океанологических судов нового поколения уже есть. На такие суда возлагаются миссии не только развертывания измерительных систем, но и управления ими, сбора, обработки данных, передачи данных в реальном времени. Это - устойчивая тенденция, называемая новой парадигмой в наблюдении за океаном.

Технология построения комплексных систем мониторинга прибрежных районов океана на основепринциповоперативной океанографии. Современный подход к обеспечению необходимого качества всех видов морской деятельности связан с оценкой текущей информации о состоянии океанической среды, когда усредненных данных оказывается недостаточно. Такой подход оказался естественным образом связан с развитием оперативных методов и аппаратурных средств наблюдения, обеспечивающих оценку и прогноз состояния океана. Это научно-техническое направление получило название «оперативная океанография». Среди характерных для оперативной океанографии средств измерения заметное место занимают радиолокационные средства двух типов, а именно:1) радиолокационные станции (РЛС) поверхностной волны; 2) . РЛС зондирования сверху, в том числе, зондирования с вышек и летательных аппаратов

Причины этой значимости связаны с повышенной пространственной и временной изменчивостью свойств океанической среды в прибрежных районах (прибрежных водах [7]). Эти причины стоит отметить в сравнении с другими средствами наблюдения. Среди этих средств: различные контактные измерители в виде океанологических станций и средств, развертываемых с различных носителей и средства дистанционного зондирования океана со спутниковых платформ. В общем случае справедливо следующее утверждение. Чем выше изменчивость океанической среды, тем больше требуется измерений, тем плотнее в пространстве должны быть размещены измерители и тем чаще пользователь должен получать соответствующие данные. Даже при построении наблюдательной системы в виде нерегулярных сеток, при которых плотность размещения измерителей согласуется с изменчивостью среды, указанное утверждение по отношению к

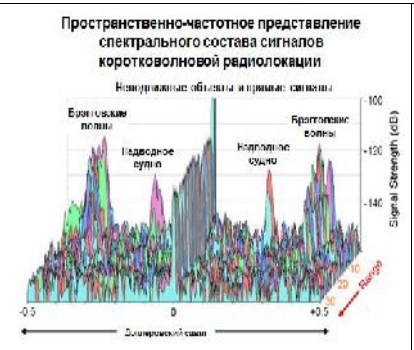
прибрежным областям остается справедливым. Здесь требование большого числа станций должно быть признано трудновыполнимым. Периоды съема океанических данных со спутников известны. При всей полезности спутниковых данных в приложениях оперативной океанографии, временная изменчивость среды оставляет желать более частых измерений, чем обеспечивают спутниковые системы. В этих условиях радиолокация оказалась в положении единственного инструмента, способного покрыть практически непрерывными реально-временными измерениями прибрежные районы. Вопрос лишь в качестве указанных измерений и их способности усваиваться теми моделями, которые также должны соответствовать изменчивости прибрежных районов и, таким образом, связывать с нужным разрешением поверхностные и под - поверхностные процессы.

Состав систем оперативного мониторинга и прогноза. В общем виде систему оперативного мониторинга можно представить в составе трёх главных компонентов. Это: 1) наблюдательная сеть, функцией которой является получение натурных данных о состоянии океанической среды и о связанном с этим состоянием атмосферном форсинге, 2) гидрофизическая модель, описывающая изменчивость океанической среды в пространстве и времени и 3) механизм сопряжения натурных данных и модели, называемый ассимиляцией данных в моделях. Функционирование и взаимодействиекомпонентов обеспечивается технической инфраструктурой системы. Таким образом, входом в систему являются наборы или поля натурных (измеренных) данных и данных о воздействующих факторах. Выходом системы являются поля океанических характеристик, информация о которых востребована пользователями и приложениями (см. рис. 1). В рассматриваемом нами случае наблюдения производятся в прибрежной зоне с помощью коротковолновой радиолокации (HF-Radar или HFR).

Данными наблюдений являются характеристики поверхностных течений и волнения. Внешние воздействия – это атмосферный форсинг. Инструмент наблюдений, особенности моделей и их настройки под физические процессы, особенности ассимиляции рассматриваются ниже.

Рис.1. Состав систем комплексной системы мониторинга

Радиолокация HFR, как измерительный инструмент. Использование HFR для съема информации об океанских течениях началось в 1970-х годах. Объект измерений – течения, прибрежные вихри, характеристики морского волнения. На больших площадях измеряются радиальные компоненты скорости течений и/или компоненты скорости течений, характерные для бистатической (мультистатической) локации, когда излучатель и приемник разнесены.



Физика отражений от морской поверхности – брэгговское резонансное рассеяние. Этот тип рассеяния связан с когерентным отражением зондирующего сигнала неровностями океанской поверхности на длинах волн, равных ½ длины океанской волны.

Рис. 2. Спектры эхо-сигналов HFR, как данные для последующей обработки

Системы HFR обеспечивают получение в реальном времени информации в виде синоптической картины распределения векторов поверхностных течений и информации о волнении (синоптическая информация о поверхностном волнении). Характерный для типовых HFR диапазон частот: 3-30 МГц (длина волны 100-10 метров). Характерная длина поля приемных антенн (L) – 100 метров. Наибольшее распространение получили HFR, рассчитанные на диапазон частот 12 МГц. Порядок характерных показателей HFR: разрешение по углу $\delta\theta \approx (\lambda/L) \approx 15$ град., разрешение по расстоянию $ds = r\delta\theta > 0{,}5$ км для расстояний > 20 км. Излучается частотно-модулированный (FM) зондирующий сигнал. Информация обновляется через периоды времени, равные десяткам минут. Со стороны пользователей уже эксплуатирующихся систем эти показатели считаются удовлетворительными для картирования океанских течений применительно к различным прикладным задачам. Важна обработка данных в HFR. Суть обработки данных в HFR (существует ряд подходов) заключается в следующем.

В большинстве вариантов HFR векторы течений определяются путем обработки данных о радиальных компонентах скоростей течений, полученных от 2-х и более HFR. Однако существуют решения такой задачи с помощью одной станции, но распространения такое решение не получило. Существуют алгоритмы обработки данных для схем бистатической и мультистатической локации. За счет мультистатической организации работы пространственное покрытие улучшается на 30-100 %. В бистатике из-

лучатель и приемник разнесены на расстояния порядка значимой доли дальности действия HFR. Данные HFR позволяют получать информацию о поверхностных течениях, но при этом амплитуды и изменчивость оценок HFR могут содержать существенные ошибки, достигающие иногда порядка самой измеряемой величины. Для преодоления этого затруднения обработка HFR-данных должна быть робастной и включать соответствующие процедуры фильтрации и интерполяции измерений.

В наиболее распространенной схеме сети моностатических станций эхо-сигналы HFR содержат информацию о расстояниях, азимутальном угле и о доплеровском сдвиге (r, fd, θ). (Бины по расстоянию δr и по доплеровскому сдвигу). Эхо-сигналы с заданного расстояния интегрируются на временном интервале T с тем, чтобы сформировать доплеровский спектр для заданного бина по расстоянию (рис.2). Общая картина, принимаемых вследствие брэгговского рассеяния сигналов, оказывается сегментированной по r и fd. В процессе измерений усредняется сигнал от сотен горбов волн.

Радиальные составляющие скоростей течений определяются по малым (МГц) доплеровским сдвигам по информации, содержащейся в данных по расстоянию δr и доплеровскому сдвигу.

Из данных о расстоянии и доплеровском сдвиге (r и fd) получаются значение и знак радиальной скорости и дальность.

Получение θ. Паре измеренных значений δr и δfd (ячейка-разрешение) может соответствовать не более 2-х ячеек по углу. (При одном и том же значении радиальной скорости течения может быть не более 2-х ячеек по углу). Обработка данных с ряда антенн устраняет эту неоднозначность.

В дополнение к сказанному отметим, что системы наблюдения часто представляют собой обсерватории, включающие, сети HFR различного частотного диапазонов, а также океанологические станции, метеорологические радары, станции погоды, измерители приливов.

Модели. Так же, как и большинство моделей, используемых оперативной океанографией, прибрежные модели основываются на системе уравнений геофизической гидродинамики. При этом физику прибрежных районов эти модели должны воспроизводить адекватно. К особенностям прибрежных районов относят влияние береговой линии, мелководье (обычно до 200 метров), сильные вдольбереговые течения и пространственно-временную изменчивость океанических процессов. Учитывая сделанный акцент на то, что площадные наблюдения будут охватыватьтолько поверхность, важно дополнить их наблюдениями вертикальной структуры полей в отдельных точках для последующей ассимиляции в модели.

Модели характеризуются переменными состояния, характеризующими свойства морской среды, и рядом параметров. Переменными состояния являются температура, соленость, компоненты скорости течений. Пе-

речень и физический смысл параметров, используемых в динамических океанических моделях можно найти в ряде источников, например, в [8]. Это коэффициенты, определяющие вертикальное, горизонтальное и приливное перемешивание и трение у дна. Именно параметры относятся к тем регуляторам, которые ответственны за подстройку модели к физическим особенностям конкретной акватории. Применительно к условиям мелководья и, соответственно, к прибрежному моделированию оправданно выделяются [9] параметры, характеризующие дно бассейна. При прочих равных условиях основным регулятором адекватности прибрежной модели считаются напряжение трения у дна и коэффициенты трения в различных направлениях. Определяемые этими параметрами характеристики придонных течений влияют на общую динамику и состояние водных масс, в том числе на поверхностные течения. Граничные условия определяются из соображений общности процессов в океане, частью которого являются прибрежные акватории. Отсюда модели прибрежных региональных или локальных акваторий обычно вкладываются в крупномасштабные региональные или глобальные модели. Граничные условия в значительной степени определяются общей картиной пространственной изменчивости состояния океана и процедурой вложения.

Ассимиляция натурных данных в моделях. Следуя [10], различают ошибки измерений (разница между измеренными и истинными значениями), ошибки моделей (как следствие неадекватности описания физических процессов) и ошибки– невязки (ε) между измеренными и соответствующими им модельными значениями. Ошибки – невязки включают и ошибки измерений, и ошибки физической модели. Эти ошибки могут быть реально оценены. Для работы с ними введены модели ошибок-невязок. Статистики невязок получили название неопределенностей. Изменчивость этих статистик по пространству названа полями неопределенностей. Изучение неопределенностей стало в настоящее время важным научным направлением [10]. Информации об истинных значениях измеряемой величины, как правило, нет. Поэтому в отношении ошибок измерений существуют только статистические модельные представления. Неадекватность физических моделей конкретным природным условиям априори оценить сложно. Эта сложность согласно [10] преодолевается путем, так называемого, адаптивного моделирования. В качестве критерия истины принимается минимум некоторой нормы соответствия измеренных и модельных значений. Обычно это квадратичная норма невязок. Решение задачи ассимиляции осуществляется с использованием оптимизационных ансамблевых, вариационных и гибридных (вариационно-ансамблевых) методов. Важно отметить, чем в процессе минимизации нормы расхождения модели и экспериментальных данных (ошибки) управляется процесс подгонки. Измерения при заданном измерителе изменить невозможно. Менять можно модель. В физической модели можно менять начальные и граничные усло-

вия и параметры. По существу, в связи с этими обстоятельствами конкретные методы ассимиляции данных в моделях разделяются на методы статистического оценивания и обратные методы. В процессе подгонки модели и экспериментальных данных идеальным можно считать одновременное оценивание параметров модели и переменных состояния, удовлетворяющее выбранному критерию. В случае неадекватности или низкого качества модели она подлежит улучшению. Анализ неопределенностей может выявить также потребность в улучшении качества измерений. В нашем случае улучшение измерений может быть связано с изменением плотности расположения HFR, их разрешающей способности, минимизации ошибок за счет предварительной обработки и привлечения дополнительных измерителей.

Техническое видение системы. В техническом плане система мониторинга прибрежных акваторий будет представлять собой автоматизированную информационную систему, состоящую из типовых программно-технических комплексов в составе телекоммуникационного и вычислительного оборудования, общего (среда виртуализации, операционная система, система управления базами данных, геоинформационная система и др.) и специализированного программного обеспечения (вышерассмотренные компоненты расчетов и моделирования процессов в прибрежной зоне). Комплекс будет включать также программные компоненты, выполняющие инфраструктурные функции: сбор и загрузка данных наблюдений в систему, организация обработки данных и получения продукции мониторинга, информационная безопасность, информационное обслуживание и управление работой системы. Предусматривается в разработках применять, преимущественно, свободное или российское программное обеспечение.

Типовое решение основано на “интероперабельности” (interoperability) – способности к информационной и программной взаимосовместимости программных компонентов, баз данных и других объектов системы на основе применения международных стандартов открытых информационных систем [11] в области программных интерфейсов, коммуникационных протоколов, форматов данных. Важную роль играют метаданные (данные о данных), создающие единую семантическую среду для эффективного и оперативного управления всеми объектами системы. Особо отметим стандарты управления пространственными данными, разработанные под эгидой Международной организацией стандартизации (МОС/ISO) [12] и Открытым геопространственным консорциумом(ОГК/OGC)[13]. Этот подход согласуется с общими мировыми тенденциями в области информационных технологий, а также отвечает общей государственной политике по стандартизации и техническому регулированию.

Применение рассмотренного решения обеспечит гибкость системы мониторинга при расширении категорий и типов используемых для мониторинга измерительных систем (контактных и дистанционных, стационар-

ных и мобильных), возможность применения различных методов и моделей получения информации мониторинга, построение сети взаимодействующих комплексов системы, а также интеграцию системы с аналогичными международными системами. Практическая реализация решения была апробирована в ЕСИМО.

Описание технологического процесса функционирования системы. Программно-технические комплексы системы могут быть установлены на серверах организаций, осуществляющих прибрежную морскую деятельность (например, администрация порта, администрации прибрежного субъекта Российской Федерации и др.). Каждый комплекс оснащен адаптированными к условиям района и назначения комплекса моделями и другими средствами мониторинга, электронной картографической основой, условно-постоянными базами данных. Их состав и содержание должно быть унифицировано по всем действующим комплексам системы и обновление ведется через центральный сервер системы или через ЕСИМО.

К серверу комплекса по каналам связи подключаются источники данных – пункты измерительной системы, система передачи данных Росгидромета, другие сервера (с космоснимками, прогностической информацией и др.), видеокамеры, датчики положения мобильных объектов, дополнительные измерительные приборы при необходимости. Сервер реализует назначенные схемы сбора и накопления данных наблюдений, выполняет цепочки обработки данных наблюдений и моделирования полей гидрометеорологических и гидрофизических характеристик района, получения другой продукции мониторинга.

При необходимости, сервер комплекса системы имеет возможность в реальном времени подключиться к любому другому серверу системы и ЕСИМО, а также внешней информационной системы (если он на нее настроен), получить или передать необходимые данные. Обмен данными производится на основе средств взаимосовместимости открытых систем с контролем процессов обмена.

ГИС компонент комплекса обеспечивает подгрузку локальных и удаленных пространственных слоев, инструментарий редактирования слоев и создания новых слоев по технологии маркеров. Созданные слои оперативной обстановки публикуются на сервере, при появлении нового слоя сервер высылает извещения другим серверам и пользователям системы в соответствии с заданным регламентом. Организации, эксплуатирующие комплексы системы, могут создавать оперативные карты совместно.

Доступ к данным и анализ ситуаций будет осуществляться через порталы серверов, обеспечивающие по аналогии с ЕСИМО следующие функции: справочная функция - какие ресурсы существуют, где и в каком виде; информационная функция - поиск, доступ, просмотр и доставка информации на компьютер пользователя или в другую систему; прикладная функция - реализация соглпасованного набора прикладных задач инфор-

мационного обеспечения морской деятельности. Средства информационной безопасности реализуют единую политику доступа к ресурсам и сервисам серверов системы. Устойчивость работы системы достигается путем обеспечения мониторинга и диспетчеризации ее работы.

Таким образом, все пользователи системы могут наблюдать и анализировать актуальную информацию мониторинга прибрежных акваторий, совместно создавать новую информационную продукцию, обмениваться метаданными и данными, использовать данные наблюдений и мониторинговую информацию для принятия решений.

При необходимости расширения сети серверов системы производится комплектация нового сервера (путем сборки компонентов в зависимости от его назначения) и его установка в новом пользователе технологий системы без дополнительного программирования.

Фазы разработки систем оперативного мониторинга прибрежных акваторий. Создание наблюдательной сети из прибрежных радиолокаторов, позволяющей производить оценки поверхностных течений и характеристик волнения, не решает полностью задачу мониторинга. Это лишь один из элементов целостной системы. Другим важным элементом является разработка адекватной прибрежной модели. Здесь мы выделяем ряд этапов такой работы. Первым из них, по-видимому, является проведение необходимых исследований.

При разработке физической модели надо учесть результаты, полученные на исследовательской фазе. Надо предусмотреть возможность настройки модели под изменяющиеся условия района. От использования жесткой модели с назначенными параметрами или ранее разработанной и универсально применяемой модели ожидать адекватности не стоит. Далее, применительно к разработанной модели надо разработать процедуры ассимиляции данных, потенциально получаемых от прибрежной радиолокации. Процедуры ассимиляции должны предусматривать подгонку переменных состояния модели к соответствующим экспериментальным данным и оценку параметров модели.

Процесс создания системы мониторинга как автоматизированной информационной системы предусматривается организовать в соответствии с требованиями ГОСТ 34.60l-90, предусматривающий упорядоченные во времени, взаимосвязанные работы в применении к созданию образца программно-технического комплекса системы: разработка и утверждение технического задания; технорабочее проектирование, включающее разработку технических спецификаций, подготовку общего и разработку специализированного программного обеспечения; ввод в действие типового программно-технического комплекса системы.

В процессе ввода в действие осуществляются предварительные испытания, опытная эксплуатация и приемочные испытания комплекса, особое внимание должно быть уделено отработке информационного взаимо-

действия прикладных компонентов системы. На этом этапе следует предусмотреть эксперименты и верификацию системы в условиях различных регионов и различных условий применения. В итоге испытаний должен быть получен типовой образец программно –технического комплекса, готовый для тиражирования, посредством установки комплекса в регионах, настроек на сети наблюдений и требования пользователей, и применения для мониторинга прибрежных акваторий.

Экспериментальная отработка системымониторинга и прогноза прибрежных акваторий. В качестве пилотного региона для создания макета универсальной системы комплексного оперативного мониторинга прибрежных акваторий целесообразно выбрать шельфово-склоновую зону Черного моря в ее российском секторе. Эта зона характеризуется высоким уровнем пространственно-временной изменчивости параметров среды, спецификой физико-химических процессов, значительным влиянием топографии дна, орографии береговой линии, берегового стока.

Создание макета универсальной системы комплексного оперативного мониторинга прибрежной зоны целесообразно осуществить в этом районе, поскольку в Южном отделении ИО РАН имеются соответствующие поставленной задаче материально-технические ресурсы. В качестве основы наблюдательной системы повышенной плотности в шельфово-склоновой зоне можно будет использовать экспериментальный полигон, созданный в 2012-2013 гг. в рамках НИР Минобрнауки «Черноморский экспериментальный подспутниковый полигон в целях мониторинга состояния и исследования прибрежной экосистемы». Поддержка функционирования полигона в 2014-2015 гг. осуществлялась на основе ПНИ Минобрнауки «Исследование технологии мониторинга и прогнозирования экологического состояния водной среды морского шельфа». Полигон оснащен системой заякоренных буйковых и донных автономных измерительных комплексов, установленных на полигоне, с помощью которых решается задача непрерывного контроля гидрофизических, биооптических и гидрохимических параметров в отдельных точках акватории. На акватории поли гона широко используются данные дистанционного зондирования с ИСЗ для исследования структуры и динамики вод и определения таких важных характеристик как температура и уровень водной поверхности, содержания хлорофилла «а» и взвешенного вещества в поверхностном слое моря. Кроме того, на полигоне проведена апробация методов радиолокационного зондирования поверхности моря на базе распределенного радарного комплекса (РРК) для измерения характеристик волнения и скорости поверхностных течений. Автоматизированные наблюдения на полигоне сопровождаются регулярными комплексными гидрофизическими, гидрохимическими и биологическими судовыми наблюдениями.

Другим преимуществом отмеченного региона является наличие в Черном море созданной в 2009-2014гг в рамках проектов Европейской Комиссии MyOcean и MyOcean2 единственной в РФ оперативной вихреразрешающей системы диагноза и прогноза состояния морской среды отвечающей международным стандартам. Система функционирует в непрерывном автоматическом режиме с минимальным участием обслуживающего персонала. В число продуктов системы входят анализ и прогноз уровня морской поверхности, трехмерные поля температуры и солености морской воды, а также скоростей течений. Продукты системы доступны свободно через интернет для всех заинтересованных пользователей.

Система содержит ряд важных подсистем. Подсистема валидации результатов диагноза и прогноза Черного моря функционирует в оперативном режиме. Оперативная валидация выполняется на ежедневной основе для подтверждения достоверности результатов модельных расчетов. Сроки запаздывания данных о достоверности морских прогнозов обусловлены только частотой поступления данных контактных и спутниковых измерений.

Подсистема архивирования результатов расчета и передачи данных потребителям предназначена для создания и пополнения внутренних архивов данных, создания, пополнения и отображения результатов диагноза и прогноза на Интернет-портале.

Подсистема технической поддержки предназначена для обслуживания запросов потребителей и отображения информации о состоянии и функционировании системы.

В системе для оперативного диагноза и краткосрочного прогноза гидрологических полей в масштабе черноморского бассейна используется численная модель циркуляции вод МГИ РАН. Модель МГИ РАН – полностью отечественная разработка, имеющая модуль усвоения контактных и дистанционных данных наблюдений. С системой диагноза и прогноза полей черноморского бассейна сопряжена поддерживаемая ГОИН вложенная модель оперативных прибрежных прогнозов, использующая граничные условия от модели всего моря и покрывающая акваторию полигона ИО РАН.

Таким образом, на Черном море есть все исходные условия для создания и апробации макета системы оперативного мониторинга и прогноза прибрежных акваторий. Вместе с тем необходимо решить ряд принципиальных задач для создания технологичного макета системы мониторинга и прогноза состояния прибрежных акваторий. В частности, требуется расширение возможностей дистанционных и контактных оперативных наблюдений в шельфово - склоновой зоне морского бассейна, отработка методов сбора и передачи оперативных измерений, а также разработка алго-

ритмов ассимиляция наблюдений в модели прибрежной зоны моря, включая данные радиолокационного мониторинга.

Реализация системы комплексного мониторинга и прогноза состояния прибрежной акватории в северо-восточной части Черного моря позволит существенно повысить эффективность контроля за состоянием и изменениями морских экосистем в регионе в условиях активного антропогенного воздействия, а также повысить качество прогнозирования гидрометеорологических и гидрофизических явлений, представляющих угрозу для береговой зоны. Таким образом, система будет способствовать скорейшему достижению целей и решению задач национальной морской политики, в том числе ускоренному восстановлению и всестороннему укреплению стратегических позиций Российской Федерации в Азово-Черноморском регионе.

Методология оперативного мониторинга и прогноза, отработанная в прибрежной зоне Черного моря, будет достаточно универсальной и ее можно будет адаптировать к другим акваториям. Прежде всего, это касается прибрежных районов Балтийского, Японского и Каспийского морей, но также при определенной модернизации и арктических морей Российской Федерации.

Полезный эффект. Можно ожидать, что результатыприменения систем оперативного мониторинга прибрежных акваторий будут носить как практический, так и научный характер. Реально-временной мониторинг и прогноз поверхностных эффектов улучшит управление транспортной и природоохранной деятельностью и приведет к предупреждению опасных явлений. Оценка и прогноз подповерхностных явлений улучшит качество подводного наблюдения. Научный результат выразится в улучшении физических моделей и представлений о природных явлениях в прибрежной зоне. Ожидается улучшение разрешения прибрежных вихрей и фронтов, когда модель ассимилирует HFR - данные и данные о поверхностном ветре.

Заключение. Среди ряда технологий, определяющих облик современных и перспективных систем мониторинга прибрежных акваторий, важное место принадлежит оперативным средствам и методам океанологического обеспечения безопасной эксплуатации акваторий. В их основу положены накопленные в процессе изучения океана знания, реализованные в виде адаптированных к конкретным акваториям моделей и средств измерений. Вклад океанологической поддержки в выходные показатели эффективности безопасной эксплуатации прибрежной акватории и в облик перспективных систем мониторинга значителен и требует повышенного внимания при строительстве современного флота. Требуется создание всех составных элементов оперативной океанографии и их инфраструктуры. А именно: адекватных пространственно-временным масштабам изменчиво-

сти среды моделей, средств контактных и дистанционных (спутниковых, тропосферных, морских и береговых) измерений, средств ассимиляции данных моделями, сетей связи и центров управления и обработки данных. Требуются усилия по созданию современных океанологических станций, океанологических судов нового поколения, систем прибрежной радиолокации. На указанной основе необходимо разработать регионально адаптированные образцы КСМ.

Библиографический список

1.Фролов А.В., Сигов А.С.,Кутузов В.М., Михайлов Н.Н., Куликов Г.В., Трубицын А.В., Замуруев С.Н., Зацепин А.Г., Коваленко В.В., Собчук В.А., Ткачев Г.Н.,Егоров В.А., Телегин В.А., Каптюг А.А.Концепция создания комплексной системы мониторинга прибрежных акваторий//ТрудыIVВсероссийской научно-технической конференции «Перспективы развития РЛС дальнего обнаружения, интегрированных систем и комплексов информационного обеспечения воздушно-космической обороны и комплексов управления и обработки информации «РТИ Системы ВКО-2016», 2016 г., Москва ОАО «РТИ», с.216-224.

2. Коваленко В.В., Зенин В.М., Телегин В.А. Мониторинг прибрежных районов океана с использованием коротковолновой радиолокации. XXI Симпозиум по радиолокационному зондированию природных сред.Военно-космическая академия имени А.Ф.Можайского, г.Санкт-Петербург, 18-19 апреля 2017 г

3. RADM W. G. “Jerry” Ellis, USN Oceanographer of the Navy. Naval Oceanography – A Submarine Force Multiplier. Электронныйресурс: http://www.navy.mil/ navydata /cno/n87/usw/issue_4/naval_ocean.html 11/28/2008

4. Единая государственная система информации об обстановке в Мировом океане и ее применение для информационной поддержки морской деятельности Российской Федерации. Михайлов Н.Н., Вязилов Е.Д., Воронцов А.А., Белов С.В., Труды ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД». - 2014. – Вып.177.

5. Н.Н Михайлов, Е.Д. Вязилов. Инструментарий ЕСИМО – как технологическая платформа для создания новых информационно-управляющих систем для повышения эффективности освоения океана. Научно-технический журнал «Морские информационно-управляющие системы». ISSN 2308-2119.

6. Мастрюков С.И., Лаврова И.В., Червякова Н.В. Использование информационных ресурсов военного контура ЕСИМО. ОАО «ГНИНГИ». Электронный ресурс: ru.convdocs.org/docs/inbox-159098.html

7. Боуден К. Физическая океанография прибрежных вод. Москва,

Мир, 1988, с.324

8. Brown W. S., Gangopadhyay A., and Yu Z. An Operational Circulation Modeling System for the Gulf of Maine/Georges Bank Region: Applications. IEEE Journal of Oceanic Engineering, 2007, V.32, p.823 – 838

9. Mayo T., Butler T., Dawson C., Hoteit I. Data assimilation within the Advanced Circulation (ADCIRC) modeling framework for the assimilation of Manning's friction coefficient/ Ocean Modeling, V.76, 2014, p.43–58

10. Pierre F.J. Lermusiaux. Adaptive modeling, adaptive data assimilation and adaptive sampling. Physica D 230 (2007) p.172–196.

11. Эталоннаямодельдляоткрытойраспределеннойобработки (Reference Model for Open Distributed Processing — RM ODP) [ITU-T Rec. 902 | ISO/IEC 10746-2:1995, Reference Model for Open Distributed Processing];

12. ISO 19100. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://www.iso.org/iso/support/faqs/faqs_widely_used_standards/, свободный

13. OGC(R) standardsaretechnicaldocuments. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://www.opengeospatial.org/standards/ , свободный.

INTEGRATED COASTAL ZONE MONITORING SYSTEM AND TECHNOLOGY FOR ITS CONSTRUCTION BASED ON THE PRINCIPLES OF OPERATIONAL OCEANOGRAPHY

A.V. Frolov[1], A.S. Sigov[2], V.M. Kutuzov[3], G.K. Korotaev[4], N.N. Mikhailov, G.V. Kulikov[2], A.V. Trubitsyn[2], S.N. Zamuruev[2], A.G. Zatsepin[5], V.V. Kovalenko[5], V.A. Telegi6[5], A.A. Kaptyug[6]

[1]ROSHYDROMET(Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring), Moscow

[2]Moscow Technological University, Moscow

[3]Saint Petersburg Electrotechnical University "LETI", St. Petersburg

[4]Marine Hydrophysical Institute, Russian Academy of Sciences, Sebastopol

[4]Shirshov Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences, Moscow

[5]Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Wave Propagation of the Russian Academy of Sciences (IZMIRAN), Moscow

Abstract. The article presents a realistic concept for a complex monitoring system of off-shore basins. The authors provide rationalization for thorough fundamental and applied research of the oceanic, lithospheric and atmospheric conditions in the off-shore strips. The work also describes the basic requirements for the structure and the general operation algorithm for the open complex monitoring system of off-shore basins and regions.

Keywords. Monitoring, measuring and information systems, data assimilation, numerical modeling, forecasting of the state of the marine environment.

УДК 621.396.62

ВЫБОР СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ ВЫСОКОТОЧНОГО РАДИОВЫСОТОМЕРА КОСМИЧЕСКОГО БАЗИРОВАНИЯ

Баскаков А.И. [1]***, Егоров В.В.*** [2]***, Комаров А.А.*** [1]***, Телегин В.А.*** [3,4]***, Терехов В.А.*** [1]

[1] - *Национальный исследовательский университет «МЭИ», Москва, Россия, e-mail: baskakovAI@mpei.ru*
[2] - *Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт космических исследований РАН, Москва, Россия, e-mail: ms@space.ru*
[3] - *Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН, Москва, Россия, e-mail: telvika@gmail.com*
[4] - *Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН Москва, Россия*

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы проектирования высокоточного радиовысотомера (ВРВ) космического базирования. Обсуждаются выбор зондирующего сигнала, типовых исходных данных, структурной схемы ВРВ. Показано, что технически проще реализация ВРВ с обработкой в частотной области, при этом дискриминатор радиовысотомера работает по частоте максимальной крутизны переднего фронта спектра биений при корреляционно-фильтровой оптимальной обработке эхо-сигналов. Сделана оценка требуемой мощности передатчика при реализации отношения сигнал/шум в приемнике не менее 20 дБ.

Ключевые слова. Радиовысотомер, спектр биений, корреляционно-фильтровая обработка, эхо-сигнал.

Проведенные исследования служат продолжением работ по разработке и созданию космического альтиметра повышенной точности и посвящены вопросам обоснования выбора его структурной схемы, типа и структуры дискриминатора. Это относится к конкретным техническим решениям в области проектирования новых высокоточных альтиметров космического базирования. Эти вопросы до сих пор практически не рассматривались в практике космической альтиметрии России.

Одной из особенностей проектирования космического альтиметра является необходимость использования квазинепрерывного зондирующего сигнала низкой скважности и высокой частоты повторения последнего для увеличения средней излучаемой мощности, применение внутриимпульсной модуляции, обеспечивающей достижение требуемой разрешающей способности альтиметра по высоте. В принципе, тип внутриимпульсной модуляции не имеет большого значения при условии обеспечения одина-

ковой полосы спектра зондирующего сигнала. И здесь на первое место выступают требования технической простоты процедуры модуляции и алгоритмов корреляционно-фильтровой обработки эхо-сигнала. Как известно, этим требованиям наиболее полно удовлетворяет зондирующий сигнал с внутриимпульсной линейной частотной модуляцией (ЛЧМ) и сверткой модуляции в кольцевом смесителе и процессоре БПФ приемного устройства высокоточного радиовысотомера (ВРВ). В связи с этим ниже рассматривается именно этот вариант построения ВРВ, в котором используется формирование сигнала биений на выходе смесителя с последующей обработкой в частотной области [3].

1. Радиовысотомер с обработкой сигнала в частотной области

При частотном способе обработки сигнал биений с выхода смесителя подается на АЦП, а затем на блок цифровых фильтров и систему слежения АСД, выполненную на специализированном вычислителе, который осуществляет преобразование Фурье и вторичную обработку. Интересна не просто усредненная огибающая отраженного сигнала, а средний спектр сигнала биений, получаемый при корреляционно-фильтровой обработке, для этого рассмотрим вывод аналитического выражения для спектра [4].

В процессе обработки принимаемый эхо-сигнал $r(t)$ перемножается с опорным сигналом $U_{оп}(t)$, который подобен зондирующему сигналу. В результате получается так называемый сигнал биений

$$U_{б}(t) = r(t)U_{оп}(t).$$

Сигнал биений поступает на многоканальную схему обработки (рис. 1), каждый канал которой содержит полосовой фильтр $Ф_1,.....Ф_N$ (при цифровой обработке это операция БПФ), амплитудный (квадратичный) детектор $KD_1,.....,KD_N$ и весовой усилитель с коэффициентом усиления $K_1,.....,K_N$. Веса коэффициентов усиления подбираются в соответствии с оптимальным алгоритмом.

Сигнал, равный усредненной за интервал модуляции $T_п$ в фильтре низких частот (или интеграторе) сумме сигналов всех N каналов, является пропорциональным оценке рассогласования D между истинной и измеренной задержками отраженного сигнала.

Полученная таким образом оценка рассогласования через экстраполирующий фильтр используется для управления частотой генератора опорного напряжения (ГОН).

Рассмотрим статистические характеристики сигнала биений. Математическое ожидание равно нулю из-за отсутствия зеркальной компоненты в отраженном сигнале. Для гауссового случайного процесса статистические характеристики сигнала определяются его корреляционной функцией

$$R_r(t_1,t_2)=\overline{r(t_1)r(t_2)}=R(t_1,t_2)+N_0\delta(t_1-t_2), \quad (1)$$

где $R(t_1,t_2)$ - корреляционная функция эхо-сигнала.

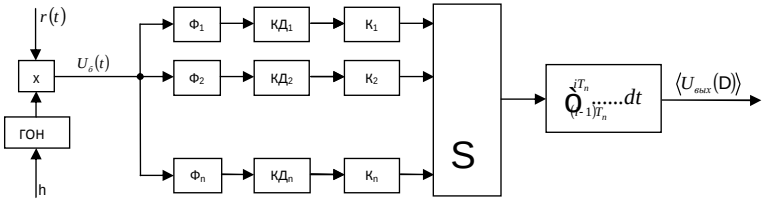


Рис. 1. Функциональная схема дискриминатора ВРВ с обработкой отраженного сигнала в частотной области

Определим корреляционную функцию сигнала биений

$$R_б(t_1,t_2)=\overline{U_б(t_1)U_б(t_2)}=U_{оп}(t_1)U_{оп}(t_2)R_r(t_1,t_2), \quad (2)$$

или, поскольку, $U_{оп}(t)=\mathrm{Re}\,\dot{U}_{оп}(t)e^{j\omega_0 t}$, то

$$R_б(t_1,t_2)=\mathrm{Re}\dot{U}_{оп}^{*}(t_1)\dot{U}_{оп}(t_2)R(t_1,t_2)e^{j(\omega_0-\omega_Г)(t_1-t_2)}+N_0\delta(t_1-t_2)\mathrm{Re}\dot{U}_{оп}^{*}(t_1)\dot{U}_{оп}(t_2)e^{-j\omega_Г(t_1-t_2)}. \quad (3)$$

Средний на периоде повторения спектр сигнала биений получаем из первого слагаемого выражения (3), используя преобразование Фурье, предварительно произведя замену переменных $t_1=t$, $t_2=t+\tau$ и усреднив по t

$$R_{б\,S}(\tau)=\frac{1}{T_n}\int_0^{T_n}R_б(t,t+\tau)dt, \qquad S_S(\omega)=\int_{-\infty}^{\infty}R_{бS}(\tau)e^{-j\omega\tau}d\tau .$$

При этом средний спектр сигнала биений имеет вид [3]

$$S_s(\omega)=\frac{1}{T_n}\mathrm{Re}\int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty}\dot{U}_{оп}^{*}(t)\dot{U}_{оп}(t+\tau)e^{-j(\omega_0-\omega_Г)\tau}\frac{p\,p_1 c}{H^3}\int_0^{\infty}\exp\left(-\frac{cg}{\gamma^2 H}\right)\cdot$$
$$I_0\left(\frac{\pi\cdot 11 q_s}{q_0^2}\sqrt{\frac{c}{H}g}\right)\int_{-\infty}^{\infty}W(h)\dot{U}_M(\tau-g-h)\dot{U}^{*}(\tau-g-h)e^{j\omega\tau}dh\,dg\,d\tau\,dt=$$
$$=\frac{p\,P_1 c T_n}{H^3}\int_0^{\infty}\exp\left(-\frac{cg}{\gamma^2 H}\right)I_0\left(\frac{\pi\cdot 11 q_s}{q_0^2}\sqrt{\frac{c}{H}g}\right)\int_{-\infty}^{\infty}W(h)\left|\dot{F}(g+h),\omega\right|^2 dh\,dg, \quad (4)$$

где функция взаимной корреляции опорного и зондирующего сигналов

$$c[t,\Omega]=\frac{1}{T_n}\int_{-\infty}^{\infty}U_{on}(t)U_M[t+t]e^{j\Omega t}dt,$$

$\gamma=\frac{r_T^2}{cH}$, а угол отклонения оси ДНА от вертикали положили равным нулю $q_s=0$ в нашем случае,

$$\dot{K}\left[-(\gamma+h),\Omega\right]=\frac{1}{T_u}\int_{-\infty}^{\infty}\dot{U}^{*}_{on}(t)U_M\left[t-(\gamma+h)\right]e^{j\Omega t}dt.$$

При оптимальной обработке в частотной области используется корреляционно-фильтровой способ, в котором осуществляется сжатие отраженного сигнала по спектру (в отличие от согласованной фильтрации при обработке во временной области, осуществляющей сжатие по времени).

Для получения окончательного выражения в аналитическом виде возьмем сигнал ЛЧМ с гауссовой огибающей вида

$$U_M(t)=\exp\left(-(\gamma^2+jB)\,t^2\right).$$

Тогда получим

$$\dot{K}(-t,\Omega)=\frac{T_u}{2T_n}\sqrt[4]{1+\frac{B^2}{\gamma^4}}\exp\left[-\frac{\gamma^2t^2}{2}-\frac{(\Omega-2Bt)}{8\gamma^2}+jBt^2+j\frac{(\Omega-wBt)}{2}-t\right], \qquad (5)$$

где $\gamma=\frac{\sqrt{\rho}}{T_u}$; $\sqrt{1+\frac{B^2}{\gamma^4}}\approx\Delta f_cT_u=D$ - коэффициент сжатия; $B=\frac{\rho\Delta f_c}{T_u}=\rho k$.

Подставляя (5) в (4), получим [3]

$$S_s(f)=\frac{P_0I^2G_0^2|K_0|^2T_u^2cDh_a}{64\pi^2H^3a_{ш}^2\Delta f_cT_n}\exp\left(-5.55\frac{q_s^2}{q_0^2}\right)\exp\left(\frac{\pi^2m^2}{4}-\frac{bf}{k}\right)\left[0.5-\Phi\left(\frac{\pi m}{2}-\frac{f}{km}\right)\right] \qquad (6)$$

где размерность $[S_s(f)]=\frac{Bm}{Гц}$; μ – параметр, характеризующий степень морского волнения при условии допущения близкого к гауссовому закону распределения ординат морских волн: $m=\sqrt{\frac{1}{\rho\Delta f_c^{\,2}}+2\left(\frac{2\sigma_z}{c}\right)^2}$; c – скорость света; σ_z - среднеквадратичная ордината морских волн, связанная с высотой морских волн 3-х процентной обеспеченности, принятой в отечественной литературе, $H_{3\%}=5,2\sigma_z$, либо, с принятой в зарубежной литературе значимой высотой морских волн (SWH-significant wave height) $H_{1/3}=4\sigma_z$; $\Phi(x)$ – табулированная функция, интеграл вероятности; b – параметр, учитывающий ширину, угол отклонения ДНА (q_S) РВ и коэффициент шероховатости МП; h_a - коэффициент потерь.

Итак, можно сделать вывод, что поведение усредненной формы спектра сигнала биений в зависимости от параметров ВРВ, режима облучения и со-

стояния морской поверхности полностью повторяет усредненную огибающую отраженного сигнала $P(t)$ при аналогичных вариациях исходных данных [1].

$$P(t)=\frac{P_0 l^2 G_0^2 |K_0|^2 c D h_a}{64\pi^2 H^3 a_ш^2 \Delta f_c}\exp\left(-5.55\frac{q_s^2}{q_0^2}\right)\exp\left(b^2\frac{m^2}{4}-bt\right)\left[0.5-\Phi\left(\frac{b}{2}m-\frac{t}{m}\right)\right] \quad (7)$$

Это объясняется линейной связью между текущими частотой и временем для ЛЧМ сигнала

$$t=\frac{f}{k}=\frac{fT_u}{\Delta f_c}$$

Нормированные усредненные огибающие формы дальномерного спектра $S_S(f)$ при высоте орбиты 1000 км, ширине ДНА 1º, длительности зондирующего импульса 102.4 мкс, ширине спектра 320 МГц, промежуточной частоте $f_{пч}$ = 1 МГц от состояния взволнованности морской поверхности [1] показаны на рис. 2.

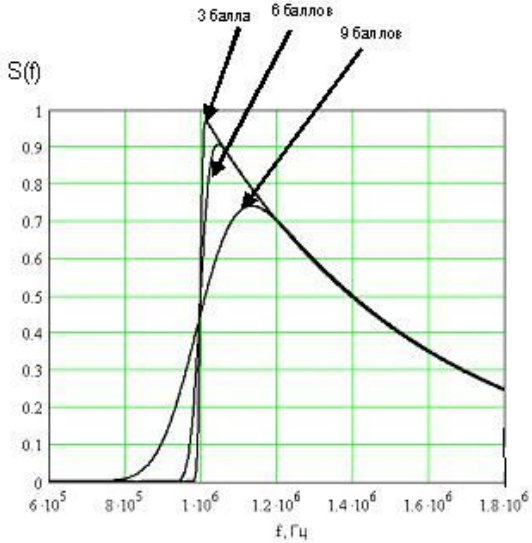


Рис.2. Нормированные усредненные огибающие формы дальномерного спектра сигнала биений от состояния взволнованности морской поверхности

Потенциальная точность измерения текущей высоты ИСЗ над средним уровнем морской поверхности и высоты морских волн при прочих равных условиях будет одинаковой при частотном и временном способах обработки сигналов. Разница определяется только возможностями технической реализации обработки. В частности, обработка в частотной области оказывается проще, чем во временной, если из соображений энергетики

(получения большого отношения сигнал-шум в ПРМ) выбираются ЛЧМ сигналы с большим коэффициентом сжатия.

Рассмотрим структурную схему орбитального океанографического ВРВ с обработкой отраженного сигнала в частотной области. В этом высотомере, работающем на частоте f_0=13,5 ГГц при пиковой мощности передатчика 40Вт, используем внутриимпульсную линейную частотную модуляцию с Δf_c = 500 МГц [5](соответствует разрешаемому временному интервалу около 2 нс), длительность импульса T_u =100 мкс и частота их повторения F_n=1кГц. При этом каждому метру перепада расстояния dh соответствовал интервал дальномерных частот

$$df_H = \left(\frac{\Delta f_c}{T_u}\right)\left(\frac{2dh}{c}\right) \approx 33{,}3 \text{ КГц}.$$

Как показано выше, огибающая среднего спектра сигнала биений имеет форму близкую к интегральному гауссовому распределению, причем, чем больше высота морских волн, тем на больший интервал частот этот участок спектра растягивается. Важно, что в связи с нечетной симметрией интегральной гауссовой кривой на уровне половины максимального значения спектральной плотности имеется особая точка, положение которой на шкале частот не зависит от степени волнения. Соответствующая ей дальномерная частота характеризует истинную высоту ИСЗ над средним уровнем морской поверхности, а крутизна наклона фронта спектра определяет высоту волн на облучаемом участке поверхности. Таким образом, задача ВРВ сводится к частотному стробированию области фронта спектра сигнала биений, измерению частоты особой точки этого участка спектра и его крутизны.

На структурной схеме (рис. 3) используется цифровой синтезатор ЛЧМ сигнала, который обеспечивает формирование ЛЧМ сигнала с девиацией частоты 63 МГц на частоте 252 МГц. Частота этого сигнала умножается на 8, обеспечивая заданную девиацию ЛЧМ сигнала Δf_c=504МГц на несущей частоте 2,016 ГГц. В передатчике (ПРД) с помощью опорного сигнала БУС несущая частота ЛЧМ сигнала поднимается до значения f_0=13,5ГГц, после чего он усиливается и через антенный переключатель (АП) излучается в направлении океанической поверхности антенной (А) с шириной ДНА q_0=1,6°. Отраженный поверхностью сигнал, пройдя АП, подвергается в смесителе СМ преобразованию частоты с помощью первого гетеродина (Гет I). В этом гетеродине ЛЧМ сигнал с умножителя переносится на центральную частоту f_0 - $f_{пр}$ ($f_{пр}$ -заданная промежуточная частота).

При высоте орбиты H=600 км задержка запуска Гет1 относительно запуска передатчика составляет $t_\partial \approx 4$мс. На выходе СМ формируется сигнал биений, который после усиления в УПЧ подвергается в фазовых детекторах $ФД_1$ и $ФД_2$ преобразованию на нулевую промежуточную частоту с помощью гетеродина (Гет 2). Далее сигнал подается на аналого-цифровой

преобразователь (АЦП), на выходе которого включен блок из 100 цифровых фильтров (Блок ЦФ) с полосой пропускания каждого Δf =10 кГц перекрывающих полосу дальномерных частот Δf_S = 100*10,0 = 1,0 МГц, соответствующую интервалу расстояний ΔH_S=1,0/0,033»30 м, что с нужным запасом превышает максимально возможную высоту волн $H_{3\%\,max} = 5{,}2\sigma_{Z\,max} = 5{,}2 \times 4{,}1 = 21{,}32$ *м* .

Кроме того, выходной сигнал АЦП подается на блок цифровой автоматической регулировки усиления (ЦАРУ). Выходные сигналы всех 100 фильтров подаются на адаптивное устройство слежения за частотой f_{H0} (АДС), служащее для точного центрирования полосы частот, перекрываемой цифровыми фильтрами, относительно f_{H0} и для совмещения момента формирования импульса запуска гетеродина Гет1 и отпирания АЦП с моментом прихода фронта отраженного импульса. Для обеспечения высокой точности центрирования автоподстройка осуществляется после усреднения по времени и частоте показаний всех 100 фильтров по 50 отраженным импульсам. При этом шаг автоподстройки соответствует приращению высоты на 0,5 см, а код высоты через прецизионный преобразователь цифра-задержка (ППЦЗ) управляет запуском АЦП и ЦФС.

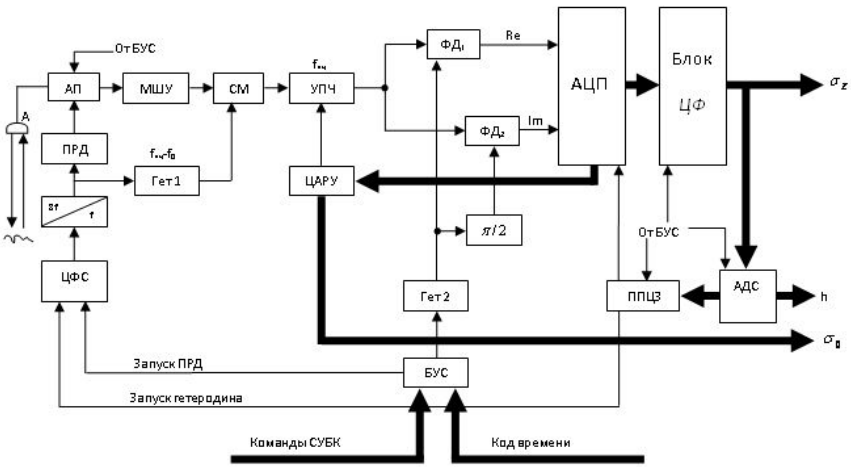


Рис. 3. Структурная схема высокоточного радиовысотомера с обработкой отраженного сигнала в частотной области

Блок ЦФ, АДС и ППЦЗ входят в аппаратно-программный комплекс (АПК) ВРВ. При изменении высоты волн параметры адаптивного устройства соответственно изменяются.

2. Исходные данные для ВРВ и расчет энергетики

1 ВРВ предназначен для измерения высоты полета космического аппарата (КА) в диапазоне от 600 км до 650 км. Структурная схема ВРВ и необходимые пояснения к ней приведены на рис. 3.

2 Ширина диаграммы направленности приемо-передающей антенны не более 2°.

3 Максимальная скорость изменения высоты КА не более 25 м/с (за счет эллиптичности орбиты).

4 На момент включения ВРВ высота известна с погрешностью ±150 м, а скорость изменения высоты известна с погрешностью не более 2 м/с.

5 Временные диаграммы с необходимыми пояснениями представлены на рис. 4, где $T_{пач}$ [3,5 - 3,7] мс – длительность пачки, $T_п$ – период повторения пачки, $T_{рет}$ – время ретрансляции, $t_{имп}$ = 100 мкс – длительность зондирующего импульса, $t_п$ = 200-210 мкс – период повторения импульсов в пачке.

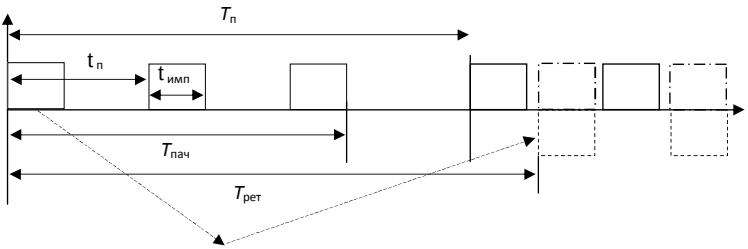


Рис.4. Временные диаграммы работы высотомера

Время ретрансляции равно времени распространения зондирующего сигнала вниз-вверх. Сплошной линией представлены зондирующие импульсы. Пунктиром показаны импульсы, отраженные от морской поверхности. Штрих-пунктиром обозначено положение сигналов гетеродина на временной оси.

6 Каждый принятый и свернутый импульс подвергается спектральному анализу посредством процедуры быстрого преобразования Фурье (БПФ). Объем БПФ составляет 128 точек.

7 Расстояние между соседними фильтровыми каналами БПФ составляет (1/100) МГц.

ВРВ переключение режимов функционирования производится по командам с БСУ - бортового специализированного устройства управления.

Расчет требуемой энергетики проведем для мощности $P(0)$, соответствующей середине фронта отраженного сигнала, так как значение $P_{норм}(0)$ практически не зависит от степени взволнованности морской поверхности. В этом случае:

$$P_{норм}(0) = \exp\left(-\frac{m^2}{4}\right) 0.5 - \Phi\left(\frac{m}{2}\right) \approx 0.46 .$$

Тогда выражение для максимального значения отраженной мощности $\frac{P_0 l^2 G_0^2 |K_0|^2 c D h_a}{64\pi^2 H^3 a_ш^2 \Delta f_c} 0.46$ и мощности шума соответственно $P_ш = 1{,}38 \times 10^{-23} \times T_ш \times \Delta f_{прм}$,

Коэффициент направленного действия антенны $G_0 = \frac{4\pi S_A КИП}{l^2}$,

КИП - коэффициент использования поверхности антенны.

Отношение сигнал/шум с учетом возможного отклонения оси ДНА от вертикали

$$q = \frac{P_0 l^2 G_0^2 |K_0|^2 c D h_a}{64\pi^2 H^3 a_ш^2 \Delta f_c P_ш} 0.46 \times \exp(-5{,}5 \frac{q_s^2}{q_o^2}) .$$

Коэффициент зеркального отражения Френеля для рабочего диапазона частот f_0=13,5-14 ГГц, принятого для ПРВ, составляет $|K_0|^2 = 0{,}5$. На графиках рис. 5 показаны зависимости отношения сигнал/шум q для различной мощности передатчика P_0

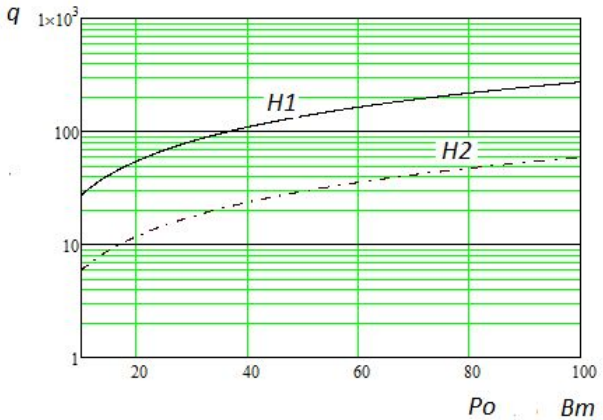


Рис. 5. Зависимость отношения сигнал/шум от мощности передатчика

Для расчета взяты l =2,2 см; Δf_c =500 МГц; H1=600км, H2=1000км; $q_0 = 2^0$; $q_s = 0^0$; волнение моря наибольшее (9 баллов), s_z =4,1м; $a_ш^2$=0,141; h_a = -10дБ, шумовая температура приемника 600^0 К.

Расчеты показали, что для получения отношения сигнал/шум 20 дБ при выбранных параметрах ВРВ достаточна мощность передатчика 40 Вт.

3. Обоснование выбора дискриминатора радиовысотомера, работающего по частоте максимальной крутизны переднего фронта спектра биений

Наибольший вклад в суммарную погрешность измерения высоты полета ИСЗ вносит ошибка смещения, которая может составлять от 25 см в случае использования локального дискриминатора, работающего по переднему фронту спектра биений и до 2,9 м при интегральной обработке спектра биений. Из анализа рис. 2 и результатов работы [3, 4] следует, что огибающие спектра биений в районе его максимальной крутизны переднего фронта имеет точку пересечения («узловую» точку), являющейся инвариантной относительно изменений высоты морских волн и их среднеквадратичного наклона. Измерение частоты спектра биений, соответствующей максимуму наклона переднего фронта спектра биений $f_{м}^{/}$, т.е. частоты «узловой» точки, обеспечивает величину остаточной ошибки смещения менее 0,9 см. Отслеживание частоты $f_{м}^{/}$ требует обеспечения эффективной нормировки сигнала биений по амплитуде, например, с помощью АРУ. В работе [2] измеритель, работающий по переднему фронту спектра сигнала биений, получил обозначение *МЦ* Для того, чтобы измеритель отслеживал частоту $f_{м}^{/}$ дискриминатор должен быть асимметричным с значениями коэффициентов усиления в частотных каналах, различающимися в два раза [2]. При этом в частотные каналы такого асимметричного дискриминатора попадает лишь небольшая часть энергии эхо-сигнала, приходящего с эффективного «пятна» на поверхности Земли (footprint) с относительным размером по дальности (высоте) $m_{Нэ} = \dfrac{H \Delta\theta_э^2 \Delta f_{дс}}{2c} < 0{,}1$, где H – измеряемая высота полета ИСЗ, $\Delta\theta_э$ - угловая ширина поля зрения, определяющая величину эффективного «пятна» на поверхности Земли, $\Delta f_{дс}$ - девиация частоты зондирующего сигнала. Это означает, что такой режим работы ВРВ может рассматриваться как режим зондирования «точечной» цели.

Очевидно, что способ обработки сигнала биений в асимметричном дискриминаторе является неоптимальным с точки зрения минимизации величины флуктуационной ошибки измерения высоты. Действительно, в этом случае используется лишь часть энергии эхо-сигнала. Однако, если имеется необходимый запас энергетического потенциала ВРВ, обеспечивающий отношение сигнал/шум (до детектора) более 50, целесообразно согласиться с таким, пусть и неоптимальным решением, поскольку флуктуационная ошибка альтиметра с асимметричным дискриминатором не превосходит 2,5 см при усреднения 1 с. Учитывая вышеизложенное, можно утверждать, что выбор асимметричного дискриминатора для предлагаемого ВРВ представляется вполне оправданным.

Результаты работы позволяют констатировать следующее:

1. Показано, что поведение усредненной формы спектра сигнала биений в зависимости от параметров ВРВ, режима облучения и состояния морской поверхности полностью повторяет усредненную мощностную огибающую отраженного сигнала $P(t)$ при аналогичных вариациях исходных данных. Важно, что в связи с нечетной симметрией интегральной гауссовой кривой на уровне половины максимального значения спектральной плотности имеется особая точка, положение которой на шкале частот не зависит от степени волнения. Соответствующая ей дальномерная частота характеризует истинную высоту ИСЗ над средним уровнем морской поверхности, а крутизна наклона фронта спектра определяет высоту волн на облучаемом участке поверхности. Таким образом, задача ВРВ сводится к частотному стробированию области фронта спектра сигнала биений, измерению частоты особой точки этого участка спектра и его крутизны.

2. Разработана структурная схема высокоточного радиовысотомера с обработкой отраженного сигнала в частотной области и определены исходные данные на весь ВРВ и усилитель мощности передатчика ВРВ.

3. Наиболее рациональным решением в выборе типа дискриминатора ВРВ является использование локального измерителя, отслеживающего частоту максимума крутизны переднего фронта для огибающей спектра биений и использующего асимметричные частотные каналы.

4. Потенциальная точность оценки задержки (высоты) для измерителя, использующего синтезируемый дискриминатор, совпадает с точностью дальномера с ЛЧМ, реализующего алгоритм оптимальной корреляционной обработки входного высокочастотного сигнала.

5. Предложенная схема создания ВРВ позволяет обеспечить получение информации об уровне морской поверхности с аппаратной точностью, соответствующей лучшим зарубежным образцам, которые используются в настоящее время для решения задачи оперативной океанографии.

Исследование выполнено за счёт гранта Российского научного фонда (проект №17-19-01616).

Библиографический список

1. Баскаков А.И., Жутяева Т.С., Лукашенко Ю.И. Локационные методы исследования объектов и сред. М.: Издательский центр «Академия», 2011, стр.384.

2. Егоров В.В., Ка Мин-Хо. Вопросы точности аэрокосмической альтиметрии//Исследование Земли из космоса, 2005, № 5, стр. 48-55.

3. Жуковский А.П., Оноприенко Е.И., Чижов В.И. Теоретические основы радиовысотометрии (под ред. Жуковского А.П.) – М.: «Сов радио», 1979. стр.320.

4. Baskakov A.I., Vazhenin N.A., Morozov K.N. Comparison of infor-

mation signal processed using time- and frequency-domain methods in oceanographic precision radar altimeters / Earth. Obs. Rem. Sens. –2000. – Vol.16. – p. 449-455.

5. Ka Min-Xo, Baskakov A.I. Restriction on the Bandwidth of Radio Signals of a Spaceborne Precision Radar Altimeter Due to the Influence of the Ionospere. IEICE Transactions on fundamentals of Electronics, Cjmmunications and Computer Sciences. Tokyo, Japan, Vol.E87-A, NO.6, June 2004, p.1318-1322.

CHOICE OF STRUCTURAL SCHEME OF SATELLITE HIGH-PRECISION RADAR ALTIMETER

Baskakov A.I. [1], Yegorov V.V. [2], Komarov AA [1], Telegin V.A.[3,4], Terekhov V.A.[1]

[1] - *National Research University Moscow Power Engineering Institute, Moscow, Russia, e-mail: baskakovAI@mpei.ru*
[2] - *Space Research Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia, e-mail: ms@space.ru*
[3] - *Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Waves Propagation of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia, e-mail: telvika@gmail.com*
[4] - *P.P.Shirshov Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

Abstract. The report deals with the design of a satellite high-precision radio altimeter (HPRA). The choice of the probing signal, typical initial data, and the structural scheme of the HPRA are discussed. It is shown that it is technically simpler to implement the HPRA with processing in the frequency domain. In this case, the HPRA discriminator operates according to the frequency of the maximum steepness of the leading edge of the beating spectrum with the correlation-filter optimal processing of the echo-signals. An estimate is made of the required transmitter power when the signal-to-noise ratio in the receiver is at least 20 dB. The study was carried out at the expense of a grant from the Russian Science Foundation (project No. 17–19– 01616).

Keywords. Altimeter, beating spectrum, correlation-filtering processing, echo-signal.

The study was carried out at the expense of a grant from the Russian Science Foundation (project No. 17-19- 01616).

УДК 551.465

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ БАЗА ДЛЯ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ РАДИОФИЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА НА ОСНОВЕ ПОЛИГОНА В АКВАТОРИИ НОВОРОССИЙСКОГО ПОРТА

Гарбацевич В.А [1], Ермошкин А.В. [2], Иванов И.И .[3] Каптюг А.А. [1], Пономарев А.И. [5], Рождественская В.И. [1] ,Телегин В.А. [1,4] , Трубицын А.В.[4]

[1] Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН, Москва, Россия, e-mail: telvika@gmail.com
[2] Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород, Россия
[3] НИИ физики Южного Федерального университета, Ростов-на-Дону, Россия
[4] Московский технологический университет МИРЭА, Москва, Россия
[5] Новороссийское Гидрометеобюро, Новороссийск, Россия

Аннотация. На основе комплексной системной проработки, проведенной широкой кооперацией специалистов отраслевых, и академических институтов, а также вузов за период 2005-2011 г.г. сформирована концепция системы радиолокационного мониторинга состояния морской поверхности в прибрежных районах, экспериментально апробированная в акваториях городов Новороссийск и Геленджик. Представлены результаты работы по измерению ветрового волнения с помощью 3-см радиолокационной станции. Приведены особенности построения модифицированной радиолокационной станции FURUNO1715, с помощью которой регистрировались характеристики морского волнения. Показаны технические возможности построения карт поверхностных течений на основе двух радиолокационных станций, работающих в коротковолновом диапазоне. одна из ко Предлагаемая система мониторинга позволит контролировать навигационную ситуацию и перенос загрязнений в данном регионе.

Ключевые слова: мониторинг, морская поверхность, навигационная ситуация

Введение

Проблема мониторинга морской поверхности решается всеми государствами, имеющими морскую границу. Максимальную важность при этом имеет оперативный мониторинг поверхности прибрежных районов моря, а также районов открытого моря, существенно удаленных от прибрежных акваторий. За последние 10 лет в России сформировалась кооперация специалистов ряда вузов, академических и отраслевых институтов,

которая занимается вопросами мониторинга морской поверхности. К ней можно отнести: ИЗМИРАН, ИПФ РАН, ОАО НПК НИИДАР, ИО РАН, ЦНИИ им. Крылова, ЮФУ, МИЭТ.

Данная кооперация сложилась на основе решения ряда практических задач, в числе которых контроль волнения в Керченском проливе с целью раннего обнаружения нарастающего ветрового нагона, вызванного штормом; оценка состояния морской поверхности в Голубой бухте (г. Геленджик) с целью раннего обнаружения формирующихся или приближающихся смерчей и измерения их текущих координат; исследование характеристик морской поверхности в акватории нефтеналивного порта г. Новороссийск, в том числе, обнаружения и оценки на морской поверхности площадей пятен несмачиваемой жидкости, например, нефти или мазута.

В 2005 г. в ОАО НПК НИИДАР была выпущена Инженерная записка, в которой использовались результаты исследований, проведенных широкой кооперацией специалистов отраслевых, и академических институтов и вузов, а также сформулирована концепция системы радиолокационного мониторинга состояния морской поверхности в прибрежных районах.

Основные положения концепции заключается в следующем:

1. Система радиолокационного мониторинга строится на основе ряда радиофизических полигонов, имеющих пересекающиеся зоны измерений.

2. В состав каждого из таких полигонов при его планируемом развертывании должны входить следующие радиолокационные средства:

а) Ряд устанавливаемых на вышках достаточной высоты СВЧ РЛС.

При этом:

- высота вышек не более 40 м;

- в качестве СВЧ РЛС могут выступать модифицированные СВЧ РЛС FURUNO 1715 или их аналоги, обеспечивающие оценку высоты волн на расстояниях, средних для СВЧ РЛС (например, до 6 км);

б) Средства радиолокационного измерения и вычисления коэффициентов корреляции с замерами динамики высоты волн с использованием других средств ее измерения и с последующим усреднением вычисленного коэффициента корреляции по выделенному угловому сектору (например, величиной 5,5-55 градусов) и по выделенному диапазону дальностей (например, величиной не более 10% от средней дальности этого диапазона);

в) Две КВ- РЛС, обеспечивающих измерение среднего вектора скорости поверхностных течений на расстояниях до 200 км с усреднением по выделенному сектору (например, величиной не более 10 градусов) и по выделенному диапазону дальностей (например, величиной не более 10% от средней дальности этого диапазона);

г) Радиолокационные дальномеры, выполняющие функции уровнемеров, число которых определяется числом точек контроля, имеющие конструктивную дальность не более 100 м и ошибку измерения дальности не более 0,5 % от величины измеряемой дальности.

3. В качестве средства верификации могут использоваться измерители силы и скорости ветра, а также лазерные дальномеры.

4. Результаты измерений формируют развивающуюся экспериментальную базу данных мониторинга.

Ниже в таблице приведены характеристики радаров сверхвысокой частоты (СВЧ) и коротковолновых (КВ) радаров, используемых для обнаружения и оценки ветрового волнения морской поверхности в акваториях г. Новороссийска и г. Геленджика.

Характеристики СВЧ и КВ радаров, предназначенных для мониторинга морской поверхности.

ТИП	Дальность до границы зон покрытия. км	Разрешение по дальности, км	Разрешение по времени, мин	Стоимость, млн. руб.
КВ HF	100	1	15	Не более10
СВЧ X-hand	5	0,5	5	Не более 0,4 (Россия, без ПО) 3 (Европа, с ПО)

Идеологическим базисом исследований, проводившихся за период 2005 - 2011 г.г. стала выпущенная 2005 г. в ОАО НПК НИИДАР «Инженерная записка по использованию метровых радиолокаторов и коротковолновых загоризонтных радиолокаторов в системе мониторинга морской поверхности» (шифр темы «Буревестник»). В создании этого документа приняли участие ведущие специалисты ряда академических и отраслевых институтов, а также вузов, том числе, ГМЦ; МГТУ им. Н.Э. Баумана, ИО РАН, ГОИН, ОАО НПК НИИДАР

1. Эксперименты с модифицированной РЛС FURUNO 1715 в черноморском бассейне.

Модифицированная РЛС FURUNO 1715 выполняла функции измерителя морского волнения. Места размещения указанной РЛС:1) полуостров Тамань; 2) окрестности г. Геленджик; 3) окрестности г. Новороссийск.

1.1. Зоны радиолокационного зондирования:

1) Керченский пролив и примыкающие районы Азовского моря.

2) Голубая бухта (г. Геленджик) и примыкающие районы Черного моря.

3) Нефтеналивной порт (г. Новороссийск).

Работы проводились с целью анализа возможностей замены измерительных средств, обеспечивающих текущее измерение волнения в выделенной точке или малой области и действующих либо контактно, либо на малых расстояниях, на измерительные радиолокационные средства, действующие на больших расстояниях.

1.2. Используемые средства:

1) Измерительные средства, действующие либо контактно, либо на малых расстояниях. В качестве таких средств выступают: контактные уровнемеры; близкодействующие уровнемеры или уровнемеры-волномеры.

2) Радиолокационные средства, действующие на больших расстояниях.

В качестве таких средств выступают РЛС мониторинга морской поверхности, ориентированные на измерение текущей высоты волн.

1.3. Способ обработки полученной информации:

Обработка полученной информации ведется путем вычисления средних значений коэффициента корреляции.

При этом:

1) выбираются:

- временной интервал фиксации сигнала о текущей высоте волн;
- шаг между двумя моментами цифровой регистрации текущей высоты волн;
- два средства измерения и регистрации текущей высоты волн;

2) на выделенном временном интервале измеряются и регистрируются текущие значения высоты волн, измеренной двумя средствами;

3) вычисляются значения коэффициента корреляции для разных направлений ветра;

4) полученные результаты усредняются по выделенному диапазону азимутальных координат.

1.4. Допустимые условия проведения экспериментов.

При проведении экспериментов допустимыми можно считать следующие условия: бальность ветра: до 6 баллов; скорость ветра: до 22 м/с; высота волн - до 4 м, дно - или без существенных неровностей (например, шельф) или открытое море. Период наблюдений определяется конкретной задачей, например: измерение ветрового волнения удобнее проводить с октября по май месяц, а по течениям - лучше с мая по октябрь.

Хорошо известно, что увеличение высоты установки антенн радиолокационной станции приводит к увеличению дальности, на которой можно зарегистрировать сигнал, рассеянный в обратном направлении.

Чтобы это реализовать требуется установить антенный блок на высоте не менее 40 м и удлинить штатные сигнальные и питающие кабели РЛС FURUNO 1715 до 50 м, и использовать дополнительные усилители для компенсации потерь в кабеле. Модифицированная РЛС FURUNO 1715 была установлена на 38-метровой мачте на побережье Черного моря в г. Новороссийск для получения радиолокационных и гидрометеорологических данных. При этом целью является нахождение статистической зависимости уровня радиолокационного сигнала от скорости ветра и от высоты волны. Полученные оценки необходимы для решения обратной задачи, а именно дистанционного радиолокационного измерения в заданном диапазоне дальностей характеристик морской поверхности – средней высоты волн, скорости и направления ветра.

В результате проведения многочисленных экспериментов получен важный вывод: о**ценки значений коэффициента корреляции в широком классе условий проведения экспериментов дают величины порядка 0,8- 0,9.**

Географическое положение РЛС на спутниковой карте показано на Рис.1., где окружностью с радиусом 6 км изображена граница области обзора РЛС. Видно, что область обзора захватывает всю Новороссийскую бухту. Свободный от берегов и открытый со стороны моря сектор на РЛ панораме охватывает область от 160 до 215 градусов относительно севера и выделен белыми линиями. Согласно применяемому алгоритму для определения скорости ветра необходимо работать в границах этого сектора.

Рис.1.Расположение РЛС FURUNO 1715 в г. Новороссийске.

Для определения значений гидрометеорологических параметров: скорости и направления ветра и высоты волн использовались автоматические метеодатчики, расположенные в Новороссийской бухте. Их местоположение показано на Рис. 2..

Рис.2. Расположение метеодатчиков в Новороссийской бухте.

Работы проводились в акватории нефтяного порта Шесхарис. Измерения ветрового волнения здесь имеют важное практическое значение для бесперебойной работы этого промышленного объекта. На рис.3 представлено взаимное расположение используемых инструментов.

Рис.3. Нефтепорт Шесхарис.

Измерения ветрового волнения в СВЧ диапазоне проводились с по-

мощью модифицированной РЛС FURUNO 1715 . Использование двух СВЧ РЛС, расположенных на двух разнесенных позициях побережья, позволяют в принципе определять поле вектора скорости поверхностных течений на расстояниях до 6 км от него и не более 6 км друг от друга.

На Рис.4 показаны зависимости высоты волны, от скорости и направления ветра, измеренные с помощью лазерного уровнемера.

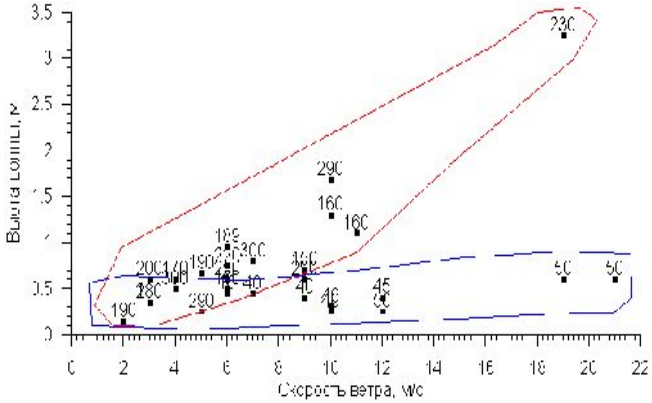


Рис.4. Зависимость высоты волны от скорости ветра для различных направлений ветра: горизонтальные точки- ветер с побережья, точки, образующие наклонную область - ветер с моря.

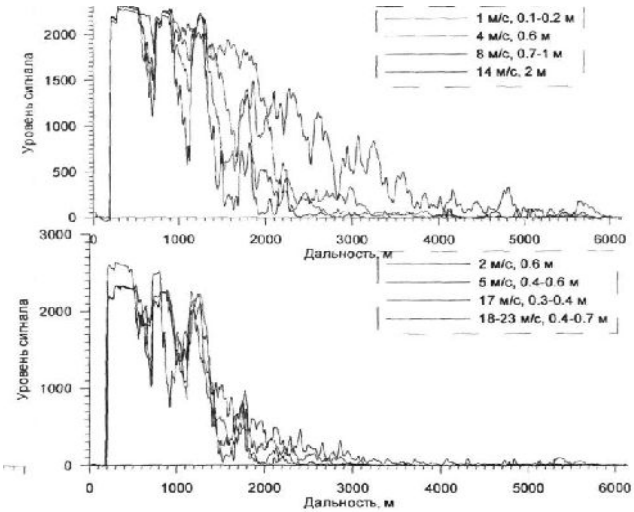


Рис.5 Графики разрезов радиолокационного сигнала при различных направлениях ветра.

Данный рисунок показывает, что при ветре с побережья зависимость носит слабо линейный характер и разброс уклонений от линейного закона мал; а при ветре с моря зависимость носит сильно выраженный линейный характер и разброс уклонений от линейного закона велик - отношение величины направляющего косинуса к величине разброса практически одинаково.

На Рис. 5 представлены графики разрезов радиолокационного сигнала при ветре со стороны моря (верхний график) и со стороны побережья (нижний график).

2. РЛС декаметрового диапазона, предназначенные для радиолокационного мониторинга природных сред.

Особенности таких РЛС декаметрового диапазона заключаются в следующем:

1) ряд РЛС декаметрового диапазона, имеющих различные направления главного луча диаграммы направленности передающей и приемной антенн, при правильном их расположении обеспечивают возможность зафиксировать практически одновременно коррелированные возмущения в таких природных средах, как литосфера, гидросфера, атмосфера и ионосфера;

2) отработка, в том числе, и оценка характеристик РЛС декаметрового диапазона может вестись двумя способами, включая:

а) Выбор тестовых объектов, расположенных в областях с малым затуханием распространяющихся радиолокационных сигналов, в таких средах как:

- атмосфера;
- ионосфера;
- водная поверхность.

б) Использование в качестве эталона РЛС, которая оттестирована в соответствии с подпунктом а).

В экспериментах, проведенных в районе гор. Геленджик, использовались: 1) РЛС Codar; 2) многочастотная РЛС (МРЛ) «Вектор», который может при соответствующей реконфигурации антенн работать по морской поверхности и ионосфере..

Использовавшиеся РЛС обладали существенными особенностями, которые заключаются в том, что РЛС декаметрового диапазона, имеющие различные направления главного и боковых лепестков диаграммы направленности передающей и приемной антенн, при соответствующем их расположении, обеспечивают возможность зафиксировать практически одновременно коррелированные возмущения в таких природных средах, как гидросфера, атмосфера и ионосфера.

3. Сопутствующее измерение характеристик ионосферных слоев

Опыт использования ионосферных станций и загоризонтных РЛС поверхностной волны показывает следующее.

Для обеспечения эффективной работы ионосферной станции по водной поверхности достаточно поменять: а) антенны и тип зондирующего сигнала; б) алгоритмы и программы цифровой обработки сигналов; в) при необходимости нарастить вычислительные ресурсы и изменить характеристики алгоритма управления.

МРЛ «Вектор» декаметрового диапазона (1-25 МГц) обеспечивает мониторинг океана и ионосферы. Ее разработка велась в сотрудничестве Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН, НИИ дальней радиосвязи, Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН (ИОРАН) и НИИ физики ЮФУ [4].

МРЛ «Вектор» предназначена для контроля состояния поверхности моря методом импульсного радиозондирования (предусмотрено использования кодов Баркера) и оперативной диагностики ионосферы при ее вертикальном и наклонном зондировании (ВЗ и НЗ). Эта РЛС способна обеспечивать реализацию своих функций, как при автономной работе, так и в составе наземно-космического геофизического комплекса, для решения широкого круга задач построения поля скоростей течений на водной поверхности.

Рис.6. Расположение аппаратуры МРЛ «Вектор», устанавливаемая в помещении.

В состав исходного варианта МРЛ «Вектор» входили:

1. Радиоприемное устройство (РПрУ) 4-х канальное аналогово-цифровое.

2. Радиопередающее устройство (РПдУ) с импульсной мощностью 600Вт.

3. ПЭВМ с программным обеспечением.

4. Передающая дельтовидная антенна с согласующим трансформатором (мачта 12 метров).

5. Приемные дипольные антенны (мачты высотой 2 метра и с размахом плеч 3 метра).

6. Комплект монтажных кабелей, в том числе ВЧ коаксиальные кабели.

Облик МРЛ «Вектор» представлен ниже на Рис.6 и Рис.7.

Рис.7. Аппаратура и антенна МРЛ «Вектор», устанавливаемая на полигоне.

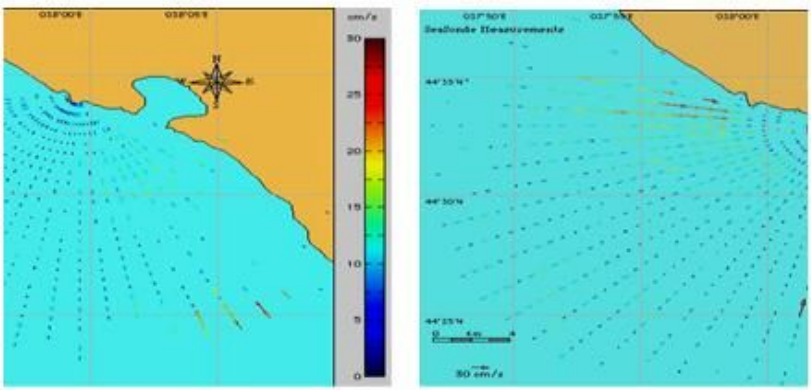


Рис.8. Распределение радиальных компонент скорости поверхностных течений, полученное 21 октября 2010 г. в г. Геленджик

Эксперименты, проведенные в 2010 году специалистами ЦНИИ им. академика А.Н. Крылова на КВ-РЛС Codar, позволили на основе его перемещения в пределах береговой полосы Голубой бухты получить карту скоростей поверхностных течений. На Рис. 8 и 9 представлены данные, полученные экспедиции ИЗМИРАН, ЦНИИ им. А.Н. Крылова, ОАО НПК НИИДАР 21 октября 2010 г. в г. Геленджик .

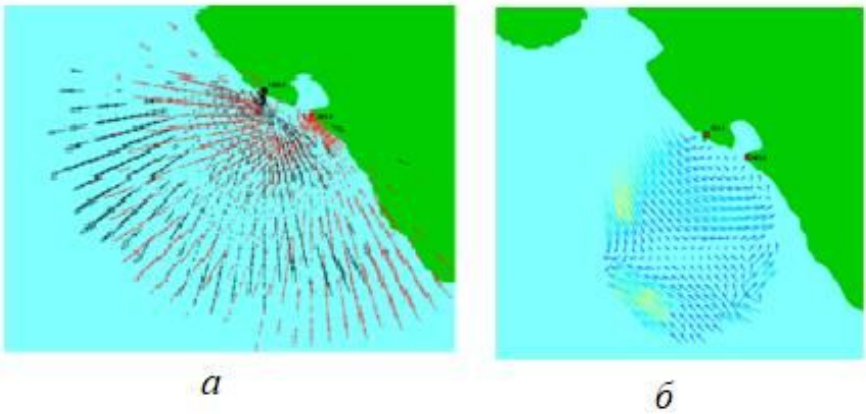


Рис.9. Карты векторных полей скорости поверхностных течений 21 октября 2010 г: а – область пересечения картин радиальных компонент векторов скоростей; б – картина полных векторов скоростей.

Таким образом, РЛС декаметрового диапазона, рассмотренная выше, обладает рядом серьезных достоинств:

1) используются ФКМ – сигналы с автокорреляционной функцией, имеющей характерное отношение главного лепестка к боковым около 8;

2) применяется генератор сигналов, обеспечивающий разнообразные формы зондирующих сигналов;

3) конфигурации и размер передающих и приемных антенн обеспечивают эффективный прием сигнала от ионосферы и морской поверхности;

4) хранение и накопление результатов измерений и обработки, а также их выдача по каналу связи потребителям.

К настоящему времени МРЛ «Вектор» отработана на основе полигона в районе г. Геленджик. Результаты этой отработки показывают, что возможно применение РЛС, имеющих аналогичные характеристики для мониторинга водной поверхности для северных прибрежных районов Черного моря, в частности, мониторинга морской поверхности в районе г. Геленджик и г. Новороссийск.

К числу указанных аналогичных характеристик относятся: диаграмма направленности; примерный диапазон несущих частот; генерируемые ФКМ-сигналы.

Использование двух РЛС, расположенных на двух разнесенных позициях побережья, позволяет определять поле вектора скорости поверхностных течений.

К отличительным особенностям МРЛ «Вектор» относятся: возможность полного импортозамещения; многофункциональность, позволяющая с использованием соответствующих антенн и зондирующих сигналов решать задачи мониторинга ионосферы, атмосферы и морской поверхности; относительно малая стоимость: 5-10 млн. руб. Проведенные исследования ветрового волнения с помощью СВЧ и КВ радаров показали целесообразность использования предлагаемой аппаратуры для решения практических задач в труднодоступных для измерений в акваториях, например, типа нефтепорта Шесхарис.

4. Перспективы

Необходимо отметить возможные перспективы развития предлагаемого метода.

К настоящему времени проработаны и уточнены возможности двухпозиционного полигона, расположенного в окрестностях городов Геленджик и Новороссийск. В этом районе можно расположить РЛС, аналогичные МРЛ «Вектор», что обеспечит возможности построения экспериментальной модели векторного поля скоростей поверхностных течений. С помощью МРЛ «Вектор» или ее аналогов можно охватить зону с внешней границей от 100 км д 200 км от берега.

Кроме того, на основе аналогов модифицированной РЛС FURUNO 1715 можно получать оценки высоты волн, а также поставить ряд уровнемеров отечественного производства (см. например, [7]).

Возможно также использование мобильных носителей для перечисленных радиолокационных средств.

При достаточно полной комплектации полигона можно решать ряд задач, в числе которых оценка характеристик: волнения; векторного поля поверхностных течений и чужеродных поверхностных включений, например, пятен нефти или пятен мазута.

Заключение

В данной работе представлен первоначальный вариант создания системы мониторинга, реализуемый в форме развивающегося комплексного многопозиционного полигона, который в перспективе позволит осуществлять непрерывный мониторинг северных акваторий Чер-

ного моря. Основанием для создания многопозиционного полигона могут служить результаты экспериментов, проведенных в акваториях городов Геленджик и Новороссийск. Указанные эксперименты дают возможность связать между собой значения отраженных от поверхности моря радиолокационных сигналов и данные о скорости ветра и скорости морских течений.

Работа проводилась при поддержке гранта РФФИ № 14-50-00095.

Библиографический список

1. Ивонин Д.В., С.А. Мысленков, П.В. Чернышов, В.С. Архипкин, В.А. Телегин, С.Б. Куклев, А.Ю. Чернышова, А.И.Пономарев, З.А. Халиков. Система мониторинга ветрового волнения в прибрежной зоне Черного моря на основе радиолокации, прямых наблюдений и моделирования: первые результаты // Проблемы региональной экологии. - 2013. - № 4 . – С. 172-183.

2. Ивонин, Д.В., Телегин В.А., Мысленков С.А., Азаров А.И., Куклев С.Б., Чернышов П.В.. Дистанционные измерения ветрового волнения навигационными локаторами Фуруно-М1715 и «Река» (НПФ Микран) // XII Международная научно-техническая конференция «Современные методы и средства океанологических исследований» (МСОИ-2013), Материалы конференции. Т. 1. С.195-197.

3. Ивонин Д.В., Телегин В.А., Чернышов П.В., Мысленков С.А., Куклев С.Б. Радиолокационные системы X-диапазона для мониторинга ветрового волнения и течений/ Материалы XIУ Международной научно-технической конференции «Современные методы и средства океанологических исследований» (МСОИ-2015), 2015 г. с.168-171.

4. Гарбацевич В.А., Телегин В.А., Лапшин В.С., Шаболдин Н.А., Иванов И.И., Ивонин Д.В. Малогабаритная многочастотная РЛС декаметрового диапазона для мониторинга океана и ионосферы. Концепция, разработки и первые результаты. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2011. Т.8, № 4, с. 100 – 106.

5. Azhar Ishack HF Radar WERA for Tsunami Early Warning Systems. Marine Science technology. «Geo Smart Asia 2015 Conference PWTC», Kuala Lmpur, 29 Sept – 01 Oct 2015.

6. Евстратов Ф.Ф. Проблемы и достижения в создании в Российской Федерации загоризонтных РЛС поверхностной волны. В кн. «Диалектика технологий Воздушно-космической обороны», М., 2011, с. 204 – 220.

7. *Каптюг А.А., Метельков П.В., Орлов А.Н., Телегин В.А., Черных Г.Л.* О создании обладающей повышенной точностью РЛС мониторинга морской поверхности.

EXPERIMENTAL BASE FOR THE ESTABLISHMENT OF A SYSTEM OF RADIO PHYSICAL MONITORING BASED ON THE RANGE IN THE AREA OF NOVOROSSIYSK PORT

Garbatsevich V.A.[1], Ermoshkin A.V.[2], Ivanov I.I.[3], Kaptyug A.A.[1], Ponomarev A.I.[5], Rozhdestvenskaya V.I.[1], Telegin V.A.[1,4], Trubitsyn A.V.[4]

[1] Federal State Budgetary Institute of Science Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Wave Propagation them. N.V. Pushkova RAS, Moscow, Russia, *e-mail: telvika@gmail.com*
[2] Federal State Budgetary Institute of Science Institute of Applied Physics RAS, Nizhny Novgorod, Russia
[3] Research Institute of Physics, Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia
[4] Moscow Technological University MIREA, Moscow, Russia
[5] Novorossiysk Hydrometeobyuro, Novorossiysk, Russia

Abstract. On the basis of the complex system study which is carried out by broad cooperation of specialists of branch, and academic institutes and also higher education institutions during 2005-2011 the concept of system of radar monitoring of a condition of a sea surface in coastal areas which is experimentally approved in water areas of the cities of Novorossiysk and Gelendzhik is created. Results of work on measurement of wind nervousness by means of 3-cm radar station are presented. Features of creation of the modified FURUNO1715 radar station by means of which characteristics of sea nervousness were registered are given. Technical capabilities of creation of cards of surface currents on the basis of two radar stations working in the short-wave range are shown. one of to the Offered system of monitoring will allow to control a navigation situation and transfer of pollution in this region.

Keywords: monitoring, sea surface, navigation situation

УДК 621.396.969.18

О СОЗДАНИИ ОБЛАДАЮЩЕЙ ПОВЫШЕННОЙ ТОЧНОСТЬЮ РЛС МОНИТОРИНГА МОРСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Каптюг А.А.[1], Метельков П.В.[2], Орлов А.Н.[2], Телегин В.А.[1], Черных Г.Л.

[1] Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН, Москва, Россия, *e-mail: telvika@gmail.com*
[2] Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники», Москва, Зеленоград, Россия

Аннотация: В работе рассматриваются возможность создания технологии измерения характеристик динамического рельефа водной поверхности, а также создания и применения компактного высокоточного радиолокатора-дальномера, предназначенного для мониторинга морской поверхности. Высокоточное измерение дальности базируется на использовании линейной частотной модуляции зондирующих сигналов. Область возможных применений результатов данной работы – это мониторинг морской поверхности при ее радиолокационном зондировании. Такой мониторинг позволяет, например, определять толщину льда, уровень морской поверхности и высоту волн, а также расстояние между гребнями волн. В частности, это нужно для контроля паводков, оценки состояния ледового покрова, раннего обнаружения наводнений и цунами.

Ключевые слова: мониторинг морской поверхности, радиолокатор, зондирование, дальность, толщина льда, уровень морской поверхности, гребни волн.

Введение.

Как известно, построение пространственно-временного поля для значений уровня водной поверхности или высоты волн является сложной научно-технической задачей. Решение этой задачи, на основе использования систем радиолокационных станций (РЛС), требует применения определенных базовых радиолокационных средств[1]. К числу таких средств могут быть отнесены следующие.

1) Решетка, составленная из идентичных компактных РЛС дальномеров, которая может располагаться на стационарных или мобильных несущих конструкциях. В последнем случае носителем решетки может быть либо летающая платформа, либо система взаимосвязанных беспилотных летательных аппаратов, либо их комбинация. При этом величина абсолютной ошибки измерения дальности не должна превосходить заданного значения.

2). Линейка РЛС, которые косвенным образом определяют уровень водной поверхности путем ее зондирования под углом к условной горизонтали. РЛС указанной линейки в совокупности должны перекрывать весь разумный диапазон значений дальности от десятка сантиметров до 400 километров. Носители таких РЛС могут быть либо стационарными, либо мобильными, либо их комбинацией. При этом величина относительной ошибки не должна превосходить заданного значения. Каждая РЛС дальномер может претендовать на роль базовой.

Измерения уровня или высоты волн позволяют судить о геометрии водной поверхности. Эта геометрия является переменной во времени. Следует отметить, что водная поверхность является границей раздела между водной средой и атмосферой. Если исходить из физической интерпретации такой границы, то она представляет собой физическую область перехода от веществ, из которых состоит водная среда, к веществам, из которых состоит атмосфера. Математическая интерпретация такой области не единственна, в принципе, как и результаты измерений на ее основе.

Следует отметить, что в научно-технической литературе отсутствует строгое определение понятий ***«уровень водной поверхности»*** и ***«высота волн на водной поверхности».*** Вместо этого рассматриваются относительно нестрогие понятия. Вот примеры.

Пример 1: Уровень моря — положение свободной поверхности Мирового океана, измеряемое по отвесной линии относительно некоторого условного начала отсчёта.

Свободная поверхность – термин гидромеханики, обозначающий поверхность жидкости, не ограниченную стенками сосуда или русла. В термодинамике свободная поверхность является фазовой границей между жидкостью и находящимся над ней газом или паром.

Замечание 1: Очевидно, что уровень моря зависит от географических координат точки наблюдения и времени. При любой системе отсчета уровень моря в зоне волн с обрушающимися гребнями является величиной неопределенной.

Пример 2: Высота волны: превышение вершины волны над соседней подошвой на волновом профиле, проведенном в генеральном направлении распространения волн.

Замечание 2: Понятно, что высота волн моря зависит от окрестности точки наблюдения и времени. При этом понятие «подошва волны» требует уточнения, так как оно относится к окрестности точки наблюдения и к минимальному значению уровня жидкости в данной окрестности.

В связи со сделанными замечаниями ниже даны достаточно строгие определения понятий ***« уровень водной поверхности в выбранной точке»*** и ***«высота волн на водной поверхности в выбранной точке».***

Определение 1:

Уровень водной поверхности в выбранной точке, имеющей задан-

ные географические координаты, измеряется относительно условной горизонтальной плоскости, ортогональной силовой линии поля тяготения Земли и проходящей через эту географическую точку. При этом по направлению указанной силовой линии под водой выбирается точка нулевого уровня, расположенная либо на дне, либо на некоторой высоте от дна. Очевидно, что выбор системы точек нулевого уровня неоднозначен. Однако текущее изменение уровня жидкости вдоль данной силовой линии на данном промежутке времени является объективной физической характеристикой и может быть измерено.

Определение 2:

Высота волн на водной поверхности в выбранной точке, имеющей заданные географические координаты, измеряется, как уровень относительно поверхности невозмущенной жидкости или жидкости с предсказуемым возмущением. Очевидно, что при таком подходе выбор системы точек нулевого уровня однозначен для заданного уровня жидкости с предсказуемым возмущением.

Исходя из анализа возможных ситуаций измерения динамического рельефа, можно выдвинуть следующий ряд требований к радиоэлектронной составляющей системы комплексной оценки характеристик динамического рельефа водной поверхности:

1) наличие в системе ряда малогабаритных РЛС дальномеров, каждая из которых перекрывает «мертвую зону» предыдущей;

2) применение вращающихся диаграмм направленности (ДН), что может быть реализовано:

а) вращением передающих и приемных антенн;

б) применением ФАР со сканированием ДН на передаче и приеме;

в) вращением излучаемого поля, порожденного системой передающих элементов, что обеспечивается их переключением (отключением и подключением) по кругу;

3) использование предельно компактных РЛС с минимальной «мертвой зоной», составляющей по дальности десятки сантиметров, с дальностью от десятков сантиметров до сотен метров и с ошибкой на предельной дальности не более 5мм.

1. Измерение динамического рельефа

Технология измерения характеристик динамического рельефа (ДР) основана на измерениях местоположения и динамики геометрической области, занимаемой жидкостью, с учетом следующих условий:

1) методика измерения характеристик ДР отрабатывается для областей жидкости внутри емкостей постоянной геометрии и постоянного местоположения;

2) внешние условия измерений с допустимой точностью неизменны;

3) само по себе текущее значение ДР в точке с известными географи-

ческими координатами не дает информации для прогноза его значений по времени и оценки этих значений в окрестности указанной точки;

4) при использовании дальномеров для измерения ДР больших масс воды, занимающих большую площадь и обладающих существенно переменной по пространству и времени геометрической формой поверхности, применяются демпфирующие камеры, которые сглаживают колебания водной поверхности.

Таким образом, согласно п. п. 4) осмысленным с точки зрения практических применений является измерение значения уровня, среднего по малому промежутку времени и по выделенной демпфирующей камерой площадке. Возможен и другой подход, ориентированный на измерение текущего значения уровня, усредненного по малой площадке на водной поверхности (локально усредненного уровня) в соответствии с диаграммой направленности элементарного дальномера. Чтобы измерять поле значений локально усредненного уровня, можно установить достаточно плотную решетку дальномеров, которая позволяет с высокой точностью определить текущее распределение локально усредненного уровня. При измерениях характеристик ДР водной поверхности, привязанного к поверхности дна водной среды необходимо учитывать изменчивость геометрии дна. Это ведет к необходимости комплексных измерений, в обеспечение чего необходимо решать следующие частные задачи:

1)Выявление в рамках водной среды физических областей, каждая из которых имеет:

а) неизменную или периодически изменяемую геометрию границ;

б) неизменяемое или периодическое распределение материальных или полевых составляющих;

в) неизменное или периодически изменяющиеся физическое состояние границ.

Замечание 1:

Все упомянутые в п.п. а),б),в) периоды идентичны.

Замечание 2:

В рамках данного подпункта должны быть проведены все измерения, относящиеся к определению понятия «водная среда». К числу таких условий относится большая средняя плотность потока измерительного электромагнитного поля, что ведет к росту средней концентрации системы элементов измерительной решетки. Следует отметить, что уровень жидкости должен определяться относительно какой-либо горизонтальной плоскости. Такой плоскостью в идеальных условиях измерения является поверхность невозмущенной жидкости или установившаяся поверхность ранее возмущенной жидкости. Если емкость постоянной геометрии перемещается, то происходит деформация поверхности жидкости. Другими словами, меняется уровень жидкости в каждой точке её поверхности. При постоянном перемещении указанной емкости необходимо реализовать взаимную привяз-

ку реальной горизонтальной плоскости и этой емкости.

Водная среда не является строгим физическим или химическим понятием Реально речь идет о смеси, включающей следующие составные части:

1) структура на основе различных изотопов ионов ОН и Н, электронных и фотонных облаков;

2) химические соединения, полученные на базе вышеуказанной структуры;

3) водные растворы;

4) чужеродные включения, находящиеся внутри или на границах составных частей водной среды, описанных в п.п. 1),..3), в том числе:

_газообразных;

-жидких;

-твердых.

Для того, чтобы отыскать в водной среде области с предсказуемыми характеристиками необходимо выявление в рамках других природных сред физических областей, каждая из которых имеет:

а) известную в текущий момент времени и предсказуемую на определенном временном интервале геометрию границ;б) известное в текущий момент и предсказуемое на определенном временном интервале распределение материальных и полевых составляющих внутри области;

Изложенный выше подход к измерению характеристик ДР водной поверхности позволяет:

1) оценить изменяющиеся во времени и по пространству поля характеристик уровня и волнения для верхней границе водной среды;

2) оценить изменяющиеся во времени и по пространству дискретные поля локализованного максимума и отдельно максимумов кинетической энергии, а также локальных максимумов и отдельно максимумов мощности волн.

2. Повышение точности измерения дальности в РЛС с ЛЧМ

Очень часто для измерения дальности до объекта локации применяются линейно-частотно модулированные (ЛЧМ) сигналы[2]. ЛЧМ – это вид частотной модуляции при которой частота несущего сигнала меняется по линейному закону:

$$f(t) = f_0 + b \times t, \quad -\frac{T}{2} £ t £ \frac{T}{2},$$

где $f_0 = (F_{max} + F_{min})/2$ – центральное значение несущей частоты; $b = (F_{max} - F_{min})/T$; T-длительность сигнала; F_{mzx} и F_{min} – максимальное и минимальное значение частоты сигнала.

Достоинством применения ЛЧМ сигналов является простота их формирования и обработки, а также высокая точность измерений дальности.

На рис.1 показана типовая схема построения РЛС с ЛЧМ.

Рис 1. Типовая схема РЛС с ЛЧМ

В качестве генератора ЛЧМ- сигнала обычно применяются генераторы управляемые напряжением (ГУН), либо получившие в настоящее время большое распространение, схемы непосредственного цифрового синтеза (*англ. DDS, Direct Digital Synthesis*). Сформированный сигнал поступает в делитель мощности с которого часть сигнала подается в антенну, а вторая часть – в смеситель, где умножается на запаздывающий отраженный сигнал. В результате, после смесителя получаются биения на частоте *fб*, пропорциональной запаздыванию отраженного сигнала, и следовательно расстоянию *D* до объекта:

$$D = d_0 + k \times f_б ,$$

где d_0 – базовое смещение, а k – коэффициент пропорциональности.

Сигнал после смесителя поступает на АЦП, который его оцифровывает и передает в вычислительную систему для дальнейшей обработки и анализа. Задача вычислительной системы – с максимально возможной точностью измерить частоту биений. Для этого применяют быстрое преобразование Фурье (БПФ) и поиск локального максимума в спектре сигнала (рис. 2).

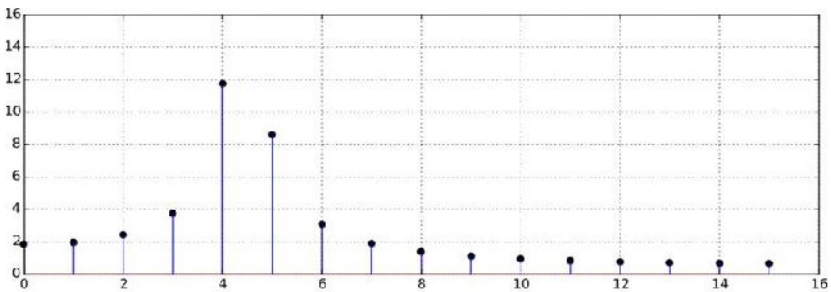


Рис. 2. Быстрое преобразование Фурье

Основной проблемой, ограничивающей точность определения дальности, является дискретный характер спектра сигнала. Интервал между отсчетами – $fd = fs / N$, где fs – частота оцифровки сигнала, а N – количество отсчетов БПФ. Таким образом, и разрешающая способность локатора по дальности будет ограничена этой дискретностью. Например, при максимальном измеряемом расстоянии в 100 м, и длине БПФ в 1024 отсчета, разрешающая способность локатора будет равна чуть менее 20 см, чего может оказаться недостаточно для многих применений. Наиболее очевидный способ увеличения разрешающей способности заключается в накоплении большего количества отсчетов сигнала перед вычислением БПФ. Или дополнение сигнала нулями так же для увеличения длины БПФ. При этом вычислительная сложность преобразования возрастает нелинейно как $O(N \log(N))$ и для получения приемлемой разрешающей способности может потребоваться очень большое количество отсчетов и, соответственно, время для выполнения вычислений. Кроме того, дополнение сигнала нулями вызывает дополнительные искажения, которые ухудшат точность вычислений. Такой подход может быть невозможен в недорогой аппаратуре, с недостаточной вычислительной мощностью или высокими требованиями к энергопотреблению. Менее ресурсоёмкий подход к увеличению разрешающей способности – аппроксимация спектра сигнала функциями специального вида и поиск максимума по этим функциям (рис. 3). Общий алгоритм будет таков: поиск локального максимума в БПФ, затем вычисление параметров аппроксимирующей функции с опорой на 2-3 отсчета вокруг максимума. После этого, поиск максимума уже по найденной функции и вычисление промежуточной точки на частотной оси, ему соответствующей.

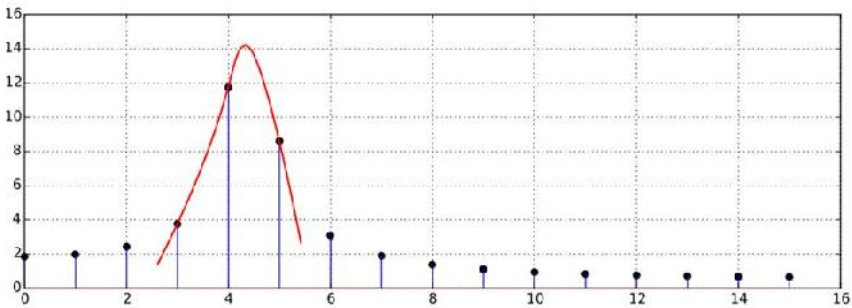


Рис. 3. Аппроксимация спектра

Были промоделированы аппроксимации параболой, кубической функцией и кубическими сплайнами. Наилучший результат дало применение сплайнов, разрешающая способность была увеличена примерно в 4

раза. Но этого по прежнему оказывается недостаточно. Наиболее простой с точки зрения вычислительных ресурсов алгоритм локализации спектральных пиков заключается в следующем. Пусть у нас есть комплексные отсчеты БПФ $X(m)$. Центральная частота – $mpeak$ может быть оценена как:

$$mpeak = mk - \text{real}(\delta),$$

где $\text{real}(\delta)$ – действительная часть выражения

$$\delta = (X(mk + 1) - X(mk\text{-}1)) / (2X(mk) - X(mk\text{-}1) - X(mk\text{+}1)),$$

где mk – целочисленный индекс наибольшего по модулю отсчета $|X(mk)|$. Тогда

$$fpeak = mpeak\ fs / N.$$

При всей вычислительной простоте этот алгоритм достаточно точен. Он позволяет увеличить разрешающую способность по дальности в 15-20 раз. При этом он не требует трудоемкого вычисления модуля БПФ. Единственным ограничением данного метода является его применимость только для случаев, когда существенная часть энергии сигнала сосредоточена в пределах одного отсчета. Описанный алгоритм был применен в разработанном авторами уровнемере РЛУ-1М (радиолокационный уровнемер, модель один). Это прибор, предназначенный для измерения уровня воды в водоемах (рис. 4). Он представляет из себя малогабаритный радиолокатор, закрепляемый неподвижно над водной гладью, антенной вниз (например, под мостом или на специальной консоли). Уровнемер периодически включается и измеряет расстояние до поверхности воды, из которого, зная высоту закрепления прибора, можно рассчитать уровень воды.

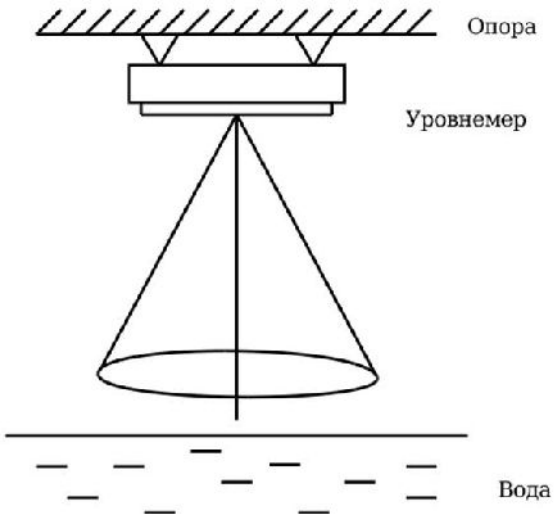


Рис. 4. Установка уровнемера РЛУ-1М

РЛУ-1М обладает следующими техническими характеристиками:

- диапазон измерений: 1–70 м;
- точность, не хуже: 5 мм;
- минимальный период опроса: 1 с;
- ширина диаграммы направленности: 6º;
- несущая частота: 3,4 ГГц;
- управление: RS485, встроенный цифровой дисплей, выход на внешний GSM-модем;
- габаритные размеры: 230x120x60 мм;
- масса с резервными элементами питания: 1.2 кг.

Вычислительная система прибора построена на базе 32-разрядного ARM-микроконтроллера фирмы NXP. Данный микроконтроллер имеет невысокие параметры по быстродействию, но при этом достаточно энергоэффективен, что является его преимуществом при работе в автономном приборе. В перспективе данный микроконтроллер должен быть заменен на контроллер с ARM-ядром от компании «Миландр». При проектировании уровнемера была предусмотрена возможность объединения нескольких приборов в единую сеть сбора данных (например, для измерения уровня воды до плотины и после). Возможно проводное подключение прибора с помощью сети RS-485, а также полностью автономная работа с помощью внешнего GSM-модема и аккумуляторной (солнечной) батареи.

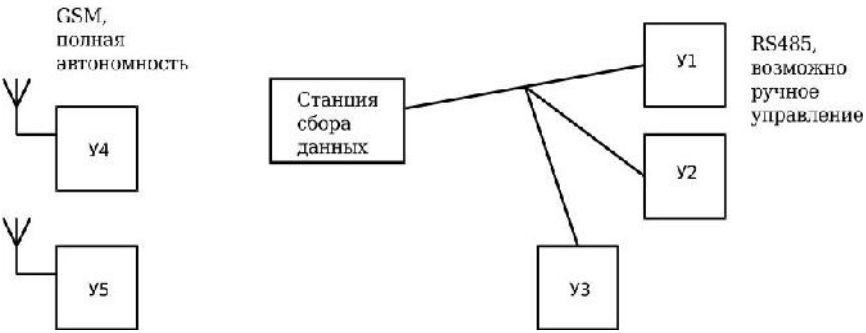


Рис. 5. Измерительная сеть на базе РЛУ-1М

Сфера применения уровнемера включает (но не ограничивается):

1. автоматизация управления шлюзами, плотинами и другими гидротехническими сооружениями;
2. раннее предупреждение о наводнениях;
3. контроль объемов питьевой воды;
4. оценка уровня волн;

5. измерение толщины льда;

Уровнемер в течение полугода проходил опытную эксплуатацию на Рублёвском гидроузле и показал себя очень надежным и точным прибором.

Заключение

Выше были представлены элементы технологии измерения характеристик динамического рельефа и компактная РЛС дальномер, которая после определенных доработок может войти в систему РЛС, обеспечивающих измерение уровня и волнения водной поверхности.

Библиографический список

1. Справочник по радиолокации. Под ред. М.И. Сколника. Пер. с англ., под общей редакцией В.С. Вербы. В 2 книгах. Книга 2., Москва, Техносфера, 2015, с.395-404.

2. Диалектика технологий воздушно-космической обороны. Научное издание. Под редакцией д.т.н.,профессора Минаева В.Н. Москва, Изд. дом «Столичная энциклопедия» 2011, с. 197-220.

ON THE ESTABLISHMENT OF AN INFRASTRUCTURAL PROMOTIONAL PROMISING MARINE SURFACE MONITORING RADAR

Kaptyug A.A.[1], Metelkov P.V.[2], Orlov A.N.[2], Telegin VA.[1], Chernykh G.L.

[1] - *Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Waves Propagation of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

[2] - *National Research University of Electronic Technology, Moscow, Zelenograd, Russia*

Abstract: *The paper considers the possibility of creating a technology for measuring the characteristics of the dynamic relief of the water surface, as well as the creation and application of a compact high-precision radar-range finder designed for sea surface monitoring. High-precision range measurement is based on the use of linear frequency modulation of sounding signals. The field of possible applications of the results of this work is the monitoring of the sea surface during its radar sounding. Such monitoring allows, for example, to determine the ice thickness, sea level and wave height, as well as the distance between the crests of the waves. In particular, it is necessary to control floods, assess the state of the ice cover, early detection of floods and tsunamis.*

Keywords*: sea surface monitoring, radar, sounding, range, ice thickness, sea level, wave crests.*

УДК 550.388.2.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕЛКОМАСШТАБНЫХ АНИЗОТРОПНЫХ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ В ИОНОСФЕРЕ НАД МОСКВОЙ

© Панченко В.А.[1], Романова Н.Ю.[2], Телегин В.А.[1]

[1]Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН, Москва, Россия
[2] Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Полярный геофизический институт Кольского научного центра РАН, Мурманск, Россия, *e-mail: telvika@gmail.com*

Аннотация. Радиотомографическая цепочка, созданная в Полярном геофизическом институте (ПГИ), позволяет исследовать мелкомасштабные неоднородности в среднеширотной ионосфере вытянутые вдоль магнитного поля. Поперечный размер таких неоднородностей составляет несколько сот метров. В ряде случаев в результате математической обработки принятого на земле сигнала удается выделить случаи анизотропии неоднородностей поперек магнитного поля. При различных геофизических условиях поперечная анизотропия имеет различную ориентацию относительно направления на север. Возможной причиной такой анизотропии может быть дрейф электронов под действием нейтрального ветра. Ионозонд DPS-4, установленный в ИЗМИРАН, позволяет измерять скорость дрейфа в F-области. В работе проводится сопоставление данных о дрейфе электронов в F-области в Московском регионе, полученных двумя независимыми методами.

Ключевые слова: среднеширотная ионосфера, ионосферные неоднородности, ионозонд, радиотомография.

Введение

Физические процессы в ионосфере Земли достаточно сложны и в своей совокупности приводят к образованию неоднородностей различных масштабов - от дециметров до сотен километров. Для каждого диапазона характерных размеров существуют наиболее эффективные и адекватные наземные методы диагностики. Так, если характерные размеры исследуемых неоднородностей превышают размеры зоны Френеля, формирующей сигнал, то возможно применение т.н. метода пространственно-разнесенного приема с большой базой [1], основанного на корреляционной обработке сигналов пробных волн зарегистрированных в пунктах отстоящих друг от друга на расстоянии $D_{x,y}$ в десятки и сотни км. Его существенным недостатком является селективность по размеру неоднородностей: чувствительность макси-

мальна для неоднородностей размера, равного пространственной базе.

Его альтернативой является слабо избирательный по масштабу метод пространственно разнесенного приема с малой базой порядка длины волны применяемых пробных волн ($D_{x,y} \sim \lambda$). В одном из его наиболее продвинутых вариантов, т.н. дифференциально-фазовым методе [1], получена связь статистических характеристик ионосферных неоднородностей со статистическими характеристиками поля зарегистрированного в трех близко разнесенных точках на Земле для приблизительно следующей модельной постановки:

1. Среда в среднем плоскослоистая, dN_e неоднородностей невелико и размеры их таковы, что допустимо описание распространения волн в рамках геометрической оптики.

2. Ситуация в принципе однолучевая: в каждый момент времени существует лишь один луч, углы прихода которого испытывают флуктуации во времени.

3. Неоднородности занимают какой-то слой в ионосфере, их пространственная коррфункция представима в виде эллипсоида, они "вморожены" и, с их движением и связаны флуктуации поля радиоволны на Земле.

4. Процесс стационарен и эргодичен, т.е. усреднение по пространству позволительно заменить усреднением по времени.

Данный метод имеет хорошую теоретическую проработку, экспериментально апробирован [2] и позволяет определить форму и ориентацию неоднородностей, скорость и направление их дрейфа, величину dN_e. При этом в качестве фильтра размеров неоднородностей выступает время усреднения при получении статистических характеристик. На практике существует ряд трудностей применения традиционных методов исследования крупномасштабных неоднородностей: одновременно присутствуют неоднородности разных масштабов; иногда возмущения концентрации столь велики, что нарушаются условия применимости геометрической оптики, явления носят сугубо нестационарный характер, поэтому невозможно применение теоремы эргодичности и временной фильтрации рядов данных.

В ИЗМИРАН есть опыт применения методики зондирования ионосферы с неоднородностями декаметровыми радиоволнами с земли, которая базируется на очень простой модели неоднородностей, и которая показала свою работоспособность независимо от размеров неоднородностей (от метров при исследовании ракурсного рассеяния до сотен километров при исследовании внутренних гравитационных волн (ВГВ) в ионосфере).

В ПГИ хорошо развит другой подход, радиотомографический, базирующийся на методе просвечивания ионосферы когерентными радиоволнами метрового - дециметрового диапазона с борта ИСЗ, в модельной постановке, где неоднородности предполагаются ориентированными вдоль

магнитного поля и характеризуются соотношением трёх осей: a:b:c.

В данной работе будут сопоставляться результаты, полученные этими двумя, весьма различными, методами для размера неоднородностей от сотен метров до единиц километров.

Радиолокационная постановка.

Потребуем, чтобы среда была в среднем плоскослоистая, dN_e неоднородностей не слишком велико, так чтобы многократным рассеянием можно было пренебречь. Стационарность картины потребуем только на период 1 измерения характеристик, в нашем случае на 20 - 100 секунд. Условно модель среды и упрощенная геометрия измерений даны на рис.1. Предполагается не однолучёвая ситуация – каждой, единичной, достаточно сильной неоднородности, из всего ансамбля на рис.1 соответствует своя отражённая волна, характеризующаяся амплитудой и доплеровской частотой, как это делается в локаторах ПВО или метеолокаторах. Именно так производится измерение дрейфов на размещённом в ИЗМИРАН (Москва) ионозонде DPS-4 [3,4]. При этом исключены кратно отражённые радиосигналы, аппаратно обеспечивается селективность по высоте расположения неоднородностей, и принимаются сигналы только одной («обыкновенной» или «необыкновенной» поляризации). Это обеспечивается использованием в DPS-4 на приём и передачу скрещенных антенн и блоков выделения волн только одной (обычно т.н. «обыкновенной») поляризации, (см. рис.2).

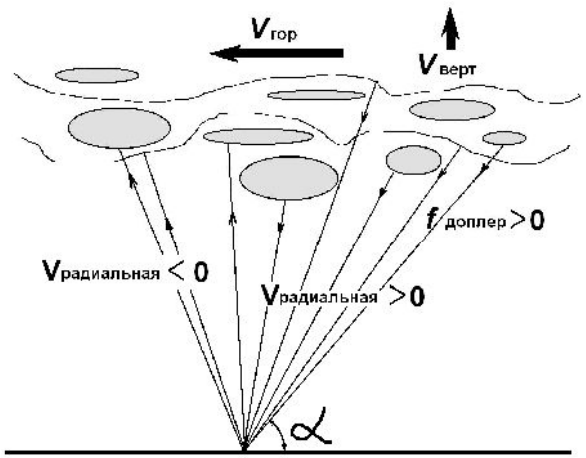


Рис.1. Модель среды и упрощенная геометрия радиолокационных измерений.

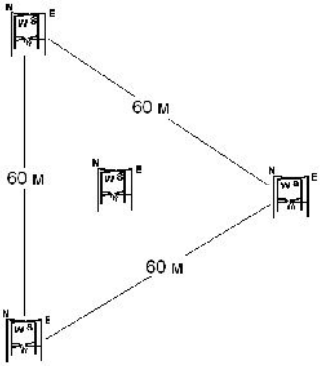


Рис.2. Приёмная антенная система DPS-4. Состоит из 4 скрещенных рамок, выделяет волны «обыкновенной» («О») поляризации.

После снятия ионограммы в стандартном режиме (рис.3), DPS-4 переходит в режим измерения ионосферных дрейфов. Для этого в течение нескольких десятков секунд поочерёдно излучаются импульсы на четырёх фиксированных частотах, выбранных исходя из последней ионограммы. Производится преобразование Фурье квадратурных компонент отражённого сигнала для каждой из четырёх приемных антенн, разнесённых по пространству (рис.2). Далее, для каждой из доплеровских частот, с амплитудой сигнала, большей определённого порога, вычисляются углы прихода соответствующей рассеянной радиоволны. Используются фазы с четырёх антенн и известные формулы фазовой пеленгации.

Числами даны параметры, в том числе диапазон частот и высот измерений, число обработанных в сеансе случаев (обычно несколько сот или более), средние горизонтальные скорости движения всей картины на рис.1 и среднеквадратичные отклонения скоростей. Обычно измерения производятся дважды за 1 цикл – один раз для высот F-слоя, второй раз для высот слоя E. Так выглядят *«карты неба»*, когда ионограммы чёткие, и не имеют признаков рассеяния (рис.3).

На рисунке 4 представлена т.н. «карта неба» («Sky Map» в англоязычной литературе), выдаваемая ионозондом DPS-4. Яркостью отображается мощность, принятая с данного направления. Зенит в центре, окружности проведены через каждые 5 градусов. В спокойных условиях, когда нет уширения ионограммы ни по частоте, ни по высоте, видим единственное отражение вблизи зенита.

На рис.5а,б показаны ионограмма и соответствующая *«карта неба»* для случая, когда наблюдается F-рассеяние. Обыкновенной компоненте на рис.5а соответствует левая ветвь. Стрелками на рис.5б показано направление дрейфа неоднородностей (на запад). Цифрами внизу рис.5б приведены горизонтальная

(104± 11 м/сек) и вертикальная (10± 2 м/сек) составляющие скорости дрейфа.

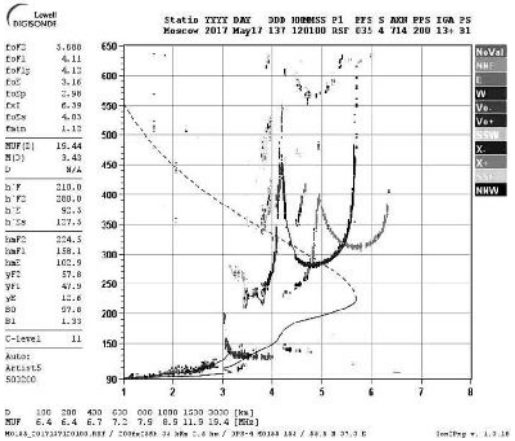


Рис.3. Стандартная ионограмма DPS-4. Ветви различной поляризации в оригинале (http://dps.izmiran.ru/latestFrames.htm) выделены цветом. Здесь «обыкновенная» ветвь выглядит темнее. Тонкой чёрной линией по ней автоматически проведен трек, далее используемый для расчёта параметров ионосферных слоёв.

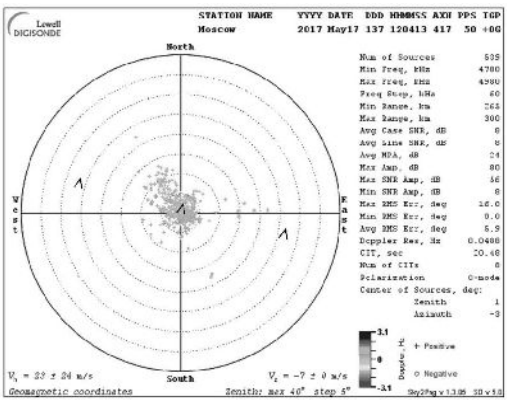
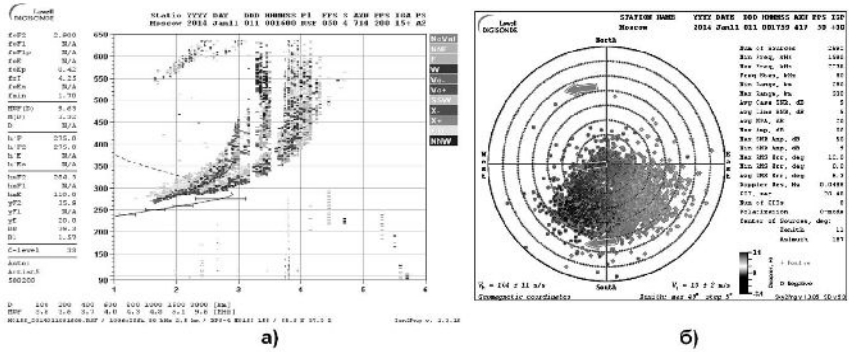


Рис.4. Так называемая «карта неба» («Sky Map»). Каждой парциальной отражённой от неоднородной ионосферы волне сопоставлены углы прихода. Волнам с положительными доплеровскими сдвигами соответствуют крестики, отрицательным – кружочки. На странице http://dps.izmiran.ru/latestFramesSky.htm можно увидеть последние аналогичные данные в цвете

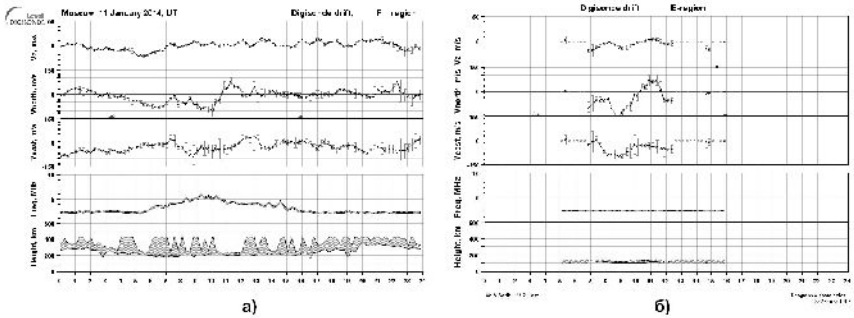


а) б)

Рис.5. Ионограмма с признаками рассеяния (а) и соответствующая «карта неба» (б).

Отметим, что данные по скоростям измерены для частот от 1980 кГц до 2275 кГц. С учётом восстановленного профиля ионизации (рис.5а, сплошная линия с горизонтальными отметками ошибок) это соответствует высотам от 260 км до 280 км. Именно к этому диапазону истинных высот относится измеренные скорости дрейфа неоднородностей в данном сеансе.

Встроенная в DPS-4 программа отображает полученные в данном сеансе параметры движения одной точкой на суточном графике (рис.6). На рисунках 6а, б последовательно (сверху вниз) даны зависимость средней скорости движения слоя с неоднородностями по вертикали, в направлении на север, в направлении на восток, а также диапазон частот, в котором велись измерения и соответствующий диапазон кажущихся высот слоя с неоднородностями.



а) б)

Рис.6. Суточные графики скоростей слоя с неоднородностями, использованных частот и диапазона кажущихся высот.

Надёжность данного вида измерений неодинакова в различных условиях. Она невысока, когда отсутствует или почти отсутствует F-рассеяние

и повышается с ростом F-рассеяния. Однако следует учитывать, что при очень высокой степени F-рассеяния захватывается объём ионосферы с неоднородностями столь большой, что уже в разных частях этого объёма движение происходит с различными векторами скорости. В первую очередь это касается большой протяжённости слоя с неоднородностями по высоте. В таких условиях уже может быть ошибочным характеризовать сложный процесс движения одним вектором для всего захваченного объёма. Будем это иметь в виду при обсуждении результатов. В целом же, измерения дрейфов на DPS-4 считаются достаточно надёжными. Сравнение усреднённых за 5 дней дрейфов, измеренных на DPS-4 и на радаре некогерентного рассеяния, показало их высокое соответствие друг другу [4].

ТРАНСИОНОСФЕРНОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ С БОРТА ИСЗ КОГЕРЕНТНЫМИ РАДИОЧАСТОТАМИ

Мерцания высокочастотного радиосигнала от низкоорбитальных спутников, принятые наземным приемником, получили название сцинтилляции. Такие флуктуации радиоволн возникают вследствие рефракции на ионосферных неоднородностях в F-области, с размерами от нескольких сотен метров до нескольких километров, получившие название мелкомасштабные неоднородности.

Один из методов радиозондирования ионосферы с борта ИСЗ с приемом на поверхности Земли был ранее разработан в Полярном геофизическом институте (ПГИ) [5]. В работах [6,7] показано, что путём математической обработки радиосигнала [5] можно сделать вывод о состоянии статистически усредненных анизотропных неоднородностей F-области путем анализа амплитуды спутникового сигнала, принятого на земле. Были исследованы мелкомасштабные неоднородности в высоко- и среднеширотной ионосфере. В этих работах было установлено, что неоднородности вытянуты преимущественно вдоль геомагнитного поля (ось α) и несколько меньше вытянуты перпендикулярно геомагнитному полю (ось β) также в некотором направлении, которое не постоянно, т.е. неоднородности поперечно анизотропны. Соотношение осей $\alpha > \beta$. Также было установлено, что ось β имеет различную ориентацию при различных геофизических условиях, получившую название «ориентация поперечной анизотропии» и обозначение Ψ_A. Ориентация поперечной анизотропии Ψ_A может быть численно определена: это угол между осью поперечной анизотропии β и направлением на географический север. В работах [6, 7] выдвинута гипотеза и приведено доказательство, что ориентация поперечной анизотропии Ψ_A неоднородностей в высокоширотной F-области соответствует направлению дрейфа плазмы $E \times B$ (конвекции), а в среднеширотной F-области соответствует направлению горизонтального нейтрального ветра.

Разработанный в ПГИ метод основан на предположении равномерного распределения неоднородностей в F-слое ионосферы. Когда спутник входит в близкую к зениту зону наземного приемника, измеренные значения вариации дисперсии логарифма относительной амплитуды спутникового сигнала, прошедшего через мелкомасштабные неоднородности, в широтном профиле имеют максимум. Этот максимум далее аппроксимируется теоретической кривой – моделью мелкомасштабных неоднородностей. Минимизация различий между экспериментальной и теоретической кривыми позволяет определить трехмерные параметры мелкомасштабных неоднородностей F-области: α, β и Ψ_A. Ширина теоретического максимума зависит от величины вытянутости неоднородностей вдоль a и перпендикулярно b магнитному полю. Пространственное положение теоретического максимума зависит от значения ориентации поперечной анизотропии Ψ_A. Анализ показал, что типичной картиной является наличие единственного максимума в широтном профиле графика дисперсии амплитуды и величину Ψ_A можно определить с точностью в несколько градусов, что позволяет использовать информацию о Ψ_A как дополнение к другим экспериментальным измерениям направления конвекции или ветра.

При анализе ниже приведенных данных спутникового радиозондирования мы придерживались приближения Терещенко Е.Д. о постоянстве параметров мелкомасштабных неоднородностей в исследуемой локальной зоне, занимаемой единственным максимумом. Это справедливо в небольшой по размерам зоне относительно всей исследуемой области, пересекаемой спутником.

ПГИ проводит регулярный прием сигнала низкоорбитальных отечественных навигационных спутников цепочкой наземных станций, одна из которых расположена в г. Москва (55.67ºN, 37.63ºE). Метод [5] позволяет путем анализа амплитудных сцинтилляций, полученных наземным единичным приемником, определять параметры анизотропии мелкомасштабных неоднородностей в F-области. Использованы российские навигационные спутники, излучающие две когерентные частоты, примерно равные 150 и 400 МГц, находящиеся в отношении 3/8. Спутники имеют почти круговую полярную орбиту с высотой над Землей ~ 1000 км. Две совмещенные антенны круговой поляризации в вертикальной плоскости имеют широкую диаграмму направленности, что позволяет осуществлять прием спутниковых сигналов в большом секторе углов.

В период с 1 по 31 января 2014 г. было проанализировано 119 регистраций спутникового сигнала как нисходящих (с севера на юг), так и восходящих (с юга на север) спутников. Сеансы проходили в дневное, ночное, вечернее и утреннее время суток. Количество регистраций, содержащих амплитудные сцинтилляции – 61, из них только в 3 случаях их интенсивность позволила определить параметры мелкомасштабных неоднородностей. На при-

мере этих трёх случаев продемонстрируем наглядно метод определения параметров мелкомасштабных неоднородностей и проведем сопоставление полученных значений ориентации поперечной анизотропии Ψ_A с направлением горизонтального нейтрального ветра (модель HWM07 [8,9]).

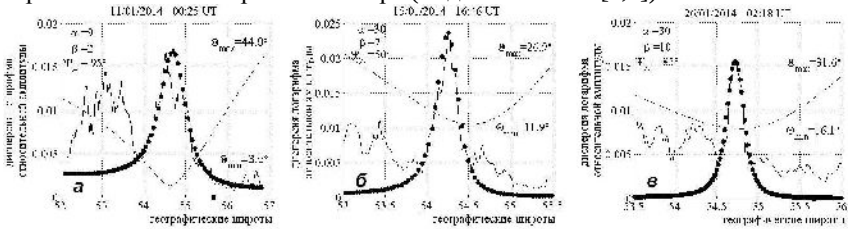


Рис.7. Экспериментальные кривые (тонкая линия) дисперсии логарифма относительной амплитуды спутникового сигнала, содержащие изолированный максимум, и аппроксимация максимумов индивидуальной теоретической кривой-моделью неоднородностей (зачерненные кружки). Пунктиром показан график значений углов между перемещающимся спутником и магнитным полем в точке наблюдения с указанием минимального (Θmin) и максимального (Θmax) значений. Этот график показывает, что неоднородности были зарегистрированы вблизи локального зенита.

На рис.7а,б,в для трёх случаев приведены примеры наблюдения изолированного максимума в широтном профиле графика дисперсии логарифма относительной амплитуды спутникового сигнала и его аппроксимация теоретической кривой-моделью неоднородностей.

Случаи имели место 11, 15 и 26 января 2014 г. соответственно в 00:25 UT, 16:46 UT и 02:18 UT. Наличие в каждой из экспериментальных кривых изолированного максимума, в несколько раз превышающего уровень фона, позволяет определить параметры мелкомасштабных неоднородностей. Эти параметры, с которыми достигается наилучшая аппроксимация, приведены в левом верхнем углу каждого рисунка. При попытке аппроксимации максимумов моделью изотропных неоднородностей (β=1) согласия не достигается. Следовательно, неоднородности в этих примерах являются анизотропными. Параметры α и β – это степени вытянутости, величины безразмерные. В данных примерах неоднородности гораздо сильнее вытянуты вдоль магнитного поля, чем поперек. В широтно-долготной области, занимаемой каждым из максимумов с центром при их вершинах (область наблюдения неоднородностей), параметры неоднородностей считаются постоянными.

Ранее в работе [7] проведено сопоставление полученных данных об ориентации поперечной анизотропии Ψ_A с направлением горизонтального ветра, рассчитанного моделью HWM07 для нескольких случаев в 2008 - 2012 годы. Оно показало хорошее согласие между направлением ветра Ψ_W

и ориентацией поперечной анизотропии Ψ_A для высоты ниже максимума F-слоя при различных геофизических условиях.

Целью нашей работы было сравнить направление ориентации поперечной анизотропии с конкретными измерениями дрейфа ионосферных неоднородностей, произведёнными на ионозонде DPS-4 в те же моменты, в той же самой географической точке (Москва, ИЗМИРАН). Произведём, наконец, такое сравнение.

Длинными стрелками на сером фоне на рисунках 8а,б,в показаны измеренные на DPS-4 (Москва, ИЗМИРАН) в это же время направления и скорости горизонтального дрейфа. Ниже векторов указаны диапазоны истинных высот, в которых получены эти значения. Как и в [7], полагаем, что данные по ориентации поперечной анизотропии Ψ_A относятся к высотам меньше высоты максимума слоя F2. Непосредственно из рисунков 8а,б,в видим, что в двух случаях из трёх (в тех, где высоты менее высоты максимума слоя F2 или около него) совпадение направлений измеренного дрейфа неоднородностей и ориентации поперечной анизотропии Ψ_A неоднородностей очень хорошее.

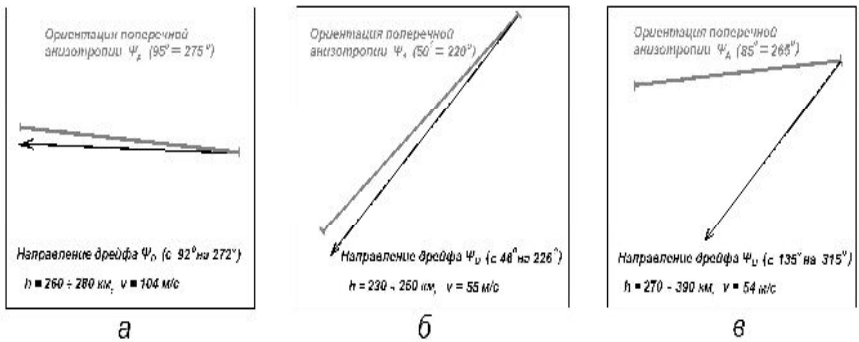


Рис.8. Толстыми серыми отрезками показана ориентация поперечной анизотропии Ψ_A мелкомасштабных неоднородностей. Чёрным вектором показаны результаты измерений направления дрейфа на DPS-4. Система координат – географическая.

В третьем случае (рис.8в) расхождение существенное, 50°. Остановимся на этом случае подробнее. Из рисунка 8в видно, что дрейф неоднородностей здесь измерялся на высотах 270 – 390 км. В обзорной работе [10], опираясь на экспериментальные результаты разных исследователей, показано, что неоднородности с размерами поперек линий геомагнитного поля от нескольких сотен метров до нескольких километров регистрировались в интервале высот от ~150 км до высоты максимума F2-слоя ~250 км и выше, до наибольшей высоты их возможной регистра-

ции. В этом же разделе показано, что на высотах 240–280 км наблюдается наиболее интенсивное развитие неоднородностей с размерами 200–800 м, а на высотах на 20–60 км выше наиболее интенсивными являются неоднородности километровых масштабов. Таким образом, на высотах 270 – 390 км наблюдаются более благоприятные условия для генерации неоднородностей километрового диапазона [10], чувствительность к которым в трансионосферном методе ПГИ меньше, чем к размерам в сотни метров. А вот в радиолокационной постановке чувствительность выше именно в километровом диапазоне. Кроме различия в чувствительности методов для различных размеров неоднородностей, следует отметить, что в случае на рис.8в наблюдалось весьма интенсивное F-рассеяние в широком конусе углов вокруг зенита, что дает очень большой объем рассеяния, для которого может и не быть единого направления дрейфа.

Данная работа в настоящее время носит, скорее, заявочный характер, предполагая в дальнейшем более масштабную обработку накопленных данных, с тем, чтобы выявить уже статистическое соответствие между направлениями дрейфа и ориентации поперечной анизотропии Ψ_A.

Благодарность.

Авторы благодарят сотрудников лаборатории радиопросвечивания Полярного геофизического института за проведение экспериментальных работ. Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ № 16-05-01024 А и № 15-05-02437 А.

Библиографический список

1. Гусев В.Д., Миркотан С.Ф., Драчев Л.А. Результаты исследования параметров крупномасштабных неоднородностей ионосферы фазовым методом. // В кн. Дрейфы неоднородностей в ионосфере.- М.:; Изд-во АН СССР, 1959, N1, с. 7 - 21.

2. Гусев В.Д., Гайлит Т.А., Иванов М.И. Диференциально-фазовый метод исследования анизотропиии неоднородностей ионосферы. // В сб. Исследования по геомагнетизму, аэрономии и физике Солнца - М.: Наука, 1980, вып. 51, с. 80 – 86.

3. Телегин В.А., Панченко В.А., Рождественская В.И. Цифровой ионозонд DPS-4 в ионосферных исследованиях ИЗМИРАН // Электромагнитные и плазменные процессы от недр Солнца до недр Земли, Юбилейный сборник ИЗМИРАН-75, М., ИЗМИРАН, 2015, с. 162-171.

4. Reinish B.W.,Scali J.L., Haines D.M. Ionospheric drift measurements with ionosondes // Annali Di Geophisica V.41, N.5-6, pp. 695-702.

5. Tereshchenko E.D., Khudukon B.Z., Kozlova M.O., Nygren T. Anisotropy of ionospheric irregularities determined from the amplitude of satellite signals at a single receiver // Ann. Geophysicae. V. 17. N 4. P. 508−518. 1999.

6. Козлова М.О. Исследование неоднородностей километрового

масштаба в F-области высокоширотной ионосферы по данным о мерцаниях спутниковых радиосигналов: Автореф. дисс. канд. физ.-мат.наук. Мурманск: изд-во ПГИ КНЦ РАН, 30 с. 2002.

7. Романова Н.Ю. Взаимосвязь между направлением горизонтального ветра и ориентацией поперечной анизотропии мелкомасштабных неоднородностей в F-области среднеширотной ионосферы // Геомагнетизм и Аэрономия. Т. 57. № 4. С. 1 – 9. 2017.

8. Drob D.P., Emmert J.T., Crowley G. et al. An empirical model of the Earth's Horizontal Wind Fields: HWM07 // J. Geophys. Res. V. 113. doi:10.1029/2008JA013668. 2008.

9. Emmert J.T., Drob D.P., Shepherd G.G., Hernandez G., Jarvis M.J., Meriwether J.W., Niciejewski R.J., Sipler D.P., Tepley C.A. DWM07 global empirical model of upper thermospheric storm-induced disturbance winds // J. Geophys. Res. V. 113. doi:10.1029/2008JA013541. 2008.

10.Фролов В.Л. Пространственная структура возмущений плотности плазмы, индуцируемых в ионосфере при ее модификации мощными КВ-радиоволнами: обзор результатов экспериментальных исследований // Солнечно-земная физика. Т. 1. № 2. С. 22−48. doi: 10.12737/10383. 2015.

INVESTIGATION OF SMALL-SCALE ANISOTROPIC IRREGULARITIES IN THE IONOSPHERE OVER MOSCOW

© Panchenko V.A.1, Romanova N.Y.2, Telegin V.A.1

1 Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Propagation of the Russian Academy of Science, Moscow, Russia

2 Polar Geophysical Institute of the Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences, Murmansk, Russia

e-mail:telvika@gmail.com

Abstract. The radio-tomographic chain created at the Polar Geophysical Institute (PGI) allows to investigate small-scale irregularities in the mid-latitude ionosphere elongated along the magnetic field. The cross-field dimension of such irregularities is several hundred meters. In some cases by mathematical processing of the satellite signal obtained by one receiver it is possible to define the cross-field anisotropy of irregularities. For different geophysical conditions the orientation of cross-field anisotropy has the different direction relatively to the North. A possible cause of cross-field anisotropy may be the drift of electrons under the action of a neutral wind. The DPS-4 ionosphere, installed in IZMIRAN, allows measuring the drift velocity in the F-region. The paper compares data on electron drift in the F region in the Moscow region, obtained by two independent methods.

Keywords. mid-latitude ionosphere, ionospheric irregularities, ionosphere, radiotomography.

УДК 53.087.4

АНАЛИЗ ВАРИАЦИЙ КРИТИЧЕСКОЙ ЧАСТОТЫ СРЕДНЕШИРОТНОЙ ИОНОСФЕРЫ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДАЛЬНЕЙ РАДИОСВЯЗИ

Д.Б. Рождественский, В.И. Рождественская, В.А.Телегин

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН, Москва, Россия,
e-mail: telvika@gmail.com, veraro2011@yandex.ru

Аннотация. Рассмотрены вариации критической частоты ионосферы на примере среднеширотной станции Москва по пятнадцатиминутным данным ионозонда. Показано, что технология спектрального представления вариаций критической частоты как сложного сигнала позволяет выделить отдельные составляющие и получить предварительную оценку их вклада в процессы, происходящие в ионосфере. Предложенная технология спектрального представления критической частоты проведена с целью оценки ее влияния на точность прогноза оптимальных рабочих частот дальней радиосвязи.

Ключевые слова: прогноз, дальняя радиосвязь, ионосфера, спектральный анализ.

Исследование природных явлений, представленных длинными рядами много лет наблюдаемых данных необходимо для принятия решений в различных областях хозяйственной деятельности. Для решения задач распространения радиоволн требуется знание о высокочастотных составляющих, от которых зависят условия распространения электромагнитной волны. В настоящее время большое распространение получил метод регрессионного анализа для средних или медианных величин критической частоты [2-5].

В природе процессы непрерывны и бесконечны, но нам известны данные наблюдений на ограниченном временном отрезке. Эти данные представлены дискретными отчетами. Измерения геофизических параметров проводятся через равные интервалы времени. Для успешного прогноза важным вопросом является выбор интервала дискретизации, т.е. необходимо знать, как часто и для каких целей надо проводить измерения и на каком интервале. Дискретизацию можно проводить в том случае, когда в непрерывном процессе отсутствуют частоты выше частоты Найквиста $f_н$, только в этом случае при последующей обработке не возникают искажения из-за мимикрии частот

[1]. Необходимым условием дискретизации по Котельникову является наличие двух отчетов на период гармонической составляющей процесса, заданного на бесконечности. В отличие от этого условия число отсчетов экспериментальных данных конечно, т.е. процесс задан на конечном интервале. Поэтому использование известных численных методов цифровой обработки всегда приводит к возникновению явления Гиббса, и искажению конечного результата. Ни один из известных методов аппроксимации конечных дискретных функции не свободен от искажений из-за явления Гиббса. К ним относится аппроксимация с помощью многочленов, рядов Фурье, рядов Котельникова, сплайновая аппроксимация и др. Колебания Гиббса проявляются при синтезе некоторых цифровых фильтров, при создании алгоритмов расчета производной дискретного процесса и экстраполяции [6-8].

Для целей изучения и прогнозирования состояния ионосферы разрабатываются два типа ионосферных моделей: математические модели, основанные на физических законах процессов, протекающих в ионосфере, и эмпирические. В основу эмпирических моделей положены измерения ионосферных составляющих и дальнейшее использование математического аппарата статистической обработки временных рядов, сводящихся к усреднению и аппроксимации данных наблюдения.

Реальный процесс может быть представлен в виде суперпозиции гармонических составляющих:

$$S(t) = \sum_{i=1}^{J} A_i \sin(w_i t + j_i), \quad -\infty < t < \infty, \qquad (1)$$

где $S(t)$ – непрерывный процесс, A_i - амплитуда, w_i - частота, j_i - начальная фаза i -ой гармоники.

Из уравнения (1) следует, что для определения состояния реального процесса достаточно знать каждую из его гармонических составляющих.

Результат измерения геофизических параметров можно представить в виде суммы двух составляющих.

$$y(t) = x(t) + s(t), \qquad (2)$$

где $x(t)$ - детерминированная составляющая процесса; $s(t)$ - случайная (стохастическая) составляющая.

Детерминированная составляющая $x(t)$ относится к исследуемому процессу и должна быть выделена для дальнейшего анализа или обработки. Нестационарную часть $s(t)$ относят к ошибкам измерения. Если положить, что математическое ожидание $M[s(t)] = 0.$, то из уравнения (1) можно выделить стационарную величину $x(t)$.

В качестве операции вычисления математического ожидания используют либо вычисление скользящего среднего арифметического, либо скользящей медианы. Полученную при таких условиях соответствующую осредненную величину $x(t)$ относят к спокойной стандартной ионосфере и рекомендуют использовать ее в качестве модели при расчете максимально

применимых и оптимальных рабочих частот. Спектральный анализ, применяемый для операции расчета математического ожидания, показал, что из-за усреднения такие модели не позволяют выявить воздействие на ионосферу внешних источников возмущения, в том числе и от Солнца, т.е. при усреднении вместе со случайной составляющей, равной нулю, не рассматривается влияние ионосферных возмущений на радиосвязь. Поэтому делаются попытки добавить в стандартную ионосферу эти воздействия отдельно, например, из наблюдений за Солнцем [2-5].

Выявлению классов ионосферной возмущенности по многолетним данным о критической частоте слоя F2 в геофизике уделяется много внимания, благодаря расчетам разнообразных средних по дням, месяцам, годам и т. д. Чтобы итоги этой большой работы не содержали неустранимые искажения из-за дискретизации и явления Гиббса необходимо применить фильтрацию. Для устранения неопределенности необходимо, чтобы частота Найквиста лежала в полосе среза, т. е. чтобы результаты фильтрации фиксировались не менее двух раз за время осреднения. Для первичной обработки данных предпочтительны частотные характеристики взвешенного осреднения, соответствующие последовательному соединению двух фильтров: непрерывному равновзвешенному осреднению и идеальному фильтру низких частот. Характеристика такого фильтра, назовем его фильтром исправленного непрерывного осреднения (ИНО) идентична фильтрам Чебышева, которые в настоящей работе используются, как наиболее приближенные к идеальному [9].

1. Чебышевские фильтры с частотной характеристикой близкой к ИНО

Чебышевские цифровые фильтры осуществляют взвешенное осреднение равноотстоящих отсчетов. Метод вычисления весовых коэффициентов основан на использовании свойств полиномов Чебышева [9]. На рис. 1 приведены итоговые данные фильтра: весовые коэффициенты отсчетов, частотная характеристика и для сравнения характеристика ИНО. В главной части полосы пропускания отличие характеристик чебышевского фильтра и ИНО незначительно. Поэтому, для предварительной обработки данных наблюдений используются фильтры Чебышева [9].

Цифровой фильтр Чебышева используется для формирования ограниченных по спектру функций, например, для расчета дискретных отсчетов выделяющей функции b_n. На рис.2 представлена восстановленная по дискретным отсчётам b_n выделяющая функция $v(d) = \sum_{n=1}^{N} b_n \frac{\sin p(d - n)}{d - n}$, где $\frac{\sin p(d - n)}{(d - n)}$ - базис Котельникова.

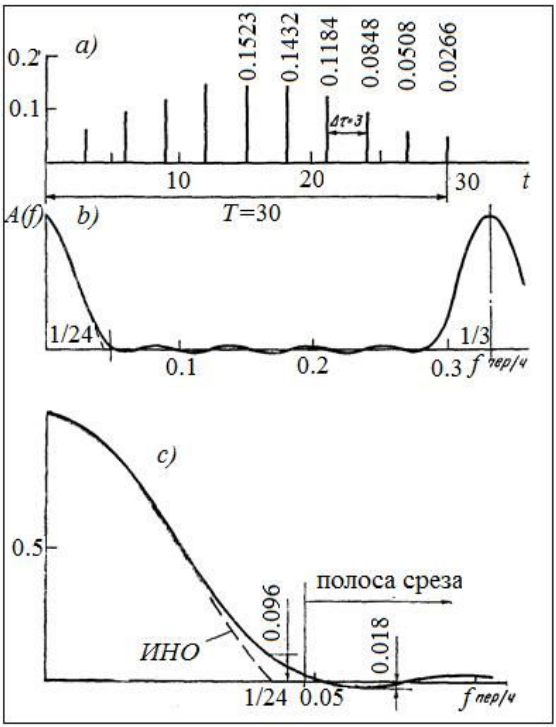


Рис. 1. Пример чебышевского фильтра: a) – весовые коэффициенты для 11 отсчетов; b) – частотная характеристика; c) – сравнение АХЧ фильтров Чебышева и ИНО (пунктир).

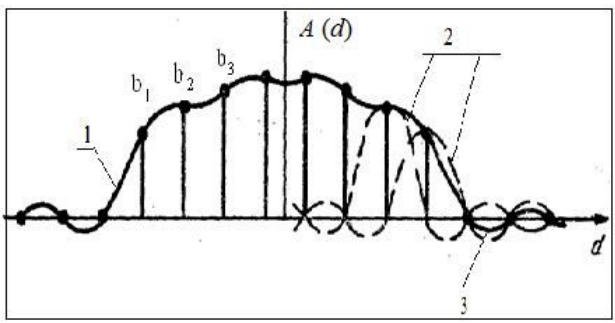


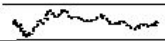
Рис. 2. Выделяющая функция $v(d)$ (1), базис Котельникова (2), Колебания Гиббса (3)

Для вычисления коэффициентов взвешивания фильтра b_n разработана рекуррентная схема, подобная треугольнику Паскаля для вычисления коэффициентов бинома Ньютона. Метод вычисления коэффициентов позволяет достигать величины степени подавления в полосе среза фильтра, равной 400 дБ. Выбор оптимальных значений коэффициентов выделяющей функции является, довольно кропотливой работой. При практическом использовании коэффициенты подбираются опытным путем.

2. Спектральный анализ экспериментальных данных

В настоящей работе для анализа данных использованы методы спектрального анализа [8], позволяющие по единой методике проводить выделение отдельных составляющих из данных критической частоты *fo*F2. Разбиение процесса на отдельные частотные области позволяет упростить исследования отдельных процессов, протекающих в ионосфере и определить правила дальнейшей цифровой обработки с помощью численных методов. Так, при наблюдении ионосферных параметров с наивысшей частотой f_{max} возможны следующие диапазоны разбиения с минимальной частотой дискретизации: высокочастотный 1/3 часа, суточный 1/24 часа, сезонный 1/3 мес., низкочастотный 1/3 года и сверх низкочастотный 1/20 лет. Каждый диапазон определяется максимальной и минимальной частотой составляющих процесса. Максимальная частота диапазона определяет интервал дискретизации в данном диапазоне: $Dt_i = 1/2[f_{max}]_i$. Изменение интервала дискретизации осуществляется сжатием информации, которое возможно после низкочастотной фильтрации и введения коэффициента сжатия. Возможные диапазоны разбиения представлены в таблице 1.

Таблица 1. Диапазоны разбиения областей прогнозирования.

i	диапазон	максимальная частота диапазона	минимальная частота диапазона	вид кривых
1	высокочастотный	$1/2\Delta\tau$	1/3 ч	
2	среднечастотный (суточный ход)	1/3 ч	1/24 ч	
3	сезонный	1/24 ч	1/3 мес	
4	низкочастотный	1/3 мес	1/3 года	
5	сверх низкочастотный	1/3 года	1/20 лет	

Изменение интервала дискретизации осуществляется сжатием информации, которое возможно после низкочастотной фильтрации, введением коэффициента сжатия, равным **Ошибка! Объект не может быть создан из кодов полей редактирования.**, где индекс i - обозначает номер диапазона. Восстановление происходит на частотах не ниже частоты Найквиста **Ошибка! Объект не может быть создан из кодов полей редактирования.** = $1/2\Delta\tau$. Если в процессе присутствуют частоты $f > 1/2\Delta\tau$, то при восстановлении такого процесса возникает мимикрия частот, которая приводит к его искажениям. Поэтому при проведении измерений интервал дискретизации должен быть как можно меньше.

При прогнозировании критической частоты слоя F2 выделяются такие периодические составляющие, как суточный ход и сезонные вариации. На рис.3 представлен вариант разбиения спектрального диапазона измеренных значений критических частот слоя F2. Выделены четыре области прогнозирования: 3 - область суточного хода, 5 -область сезонных вариаций, 2 - высокочастотная область спектра и 1- низкочастотная.

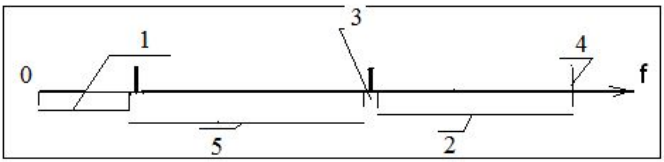


Рис. 3. Схема разбиения на спектральные области временного ряда критической частоты: 1 – низкочастотные, 2 – высокочастотные, 3 – суточные, 4 -частота Найквиста, 5 – сезонные вариации

Выделение спектральных областей прогнозирования осуществляется с помощью цифровых низкочастотных фильтров. Для первичной обработки данных ионосферного зондирования, полученных с помощью ионозонда DPS-4 критических частот слоя F2, использовались фильтры Чебышева. На рис. 4 приведены данные суточного хода *fo*F2 для первых дней января 2014 года и разностной составляющей D(*foF2*) для того же периода. Согласно выражению (2) измеренное значение критической частоты $y(t)$= *fo*F2, $x(t)$= *fo*F2с.х. – составляющая суточного хода, $s(t)$= D(*foF2*) – разность измеренного значения критической частоты и суточной составляющей $x(t)$. Составляющие суточного хода имеют периоды от 3 до 24 часов.

Из рис. 4 следует, что амплитуда разностной составляющей меньше амплитуды критической частоты *fo*F2. В разностной составляющей присутствуют составляющие с периодами от 30 мин (частота Найквиста) до 3-х часов. Важно отметить, что интервал прогнозирования зависит от спектрального диапазона прогнозируемого процесса. Чем уже диапазон, тем больше ин-

тервал прогнозирования. Для реального процесса критических частот выделены области прогнозирования отдельных спектральных составляющих.

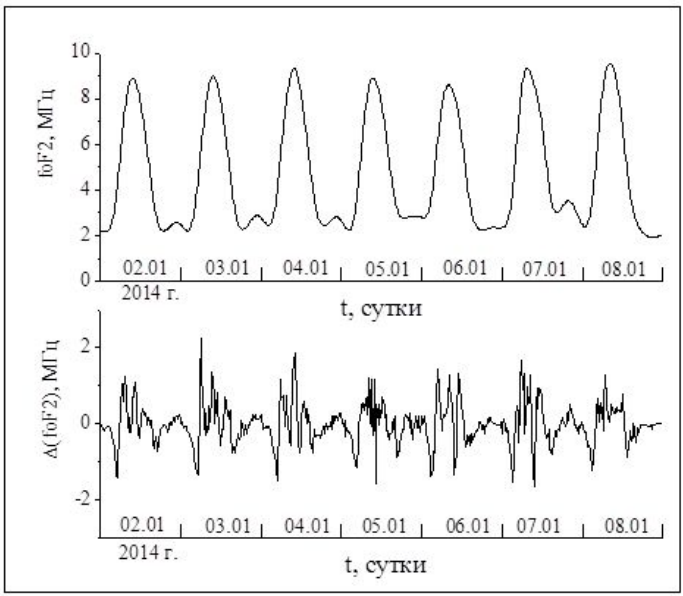


Рис. 4. Временные вариации систематической составляющей суточного хода критической частоты foF2с.х. (верхний график) и разностной составляющей D(*foF*2) (нижний график)

На рис. 5 показано выделение разностных составляющих с периодами от 30 мин до 3 часов (1), с периодами от 1часа до 3 часов (2) $f_1 = \frac{1}{nf_1}$ и с периодом 3 часа (3) $f_2 = \frac{1}{nf_2}$, где $nf_1 = 12, \quad nf_2 = 4$. При выборе интервала прогнозирования будем руководствоваться правилом: интервал прогнозирования определяется периодом прогнозируемой составляющей. При прогнозировании суточного хода выбираем интервал прогнозирования равный одним суткам. Для выбора интервала прогнозирования разностной составляющей необходимо знать ее спектральный состав.

На рис. 5-1 вверху приведены измеренные данные критической частоты *fo*F2 (красная кривая) по ней отмечена черная кривая суточного хода, внизу показана (черным цветом) разностная составляющая, включающая составляющие с периодами от 30 мин до 3-х часов. На рис. 5-2 и 5-3 представлены разностные составляющие (красные кривые на фоне черной со-

ставляющей суточного хода), выделенные фильтрами низких частот с периодами, равными, соответственно, 1 час (рис 5-2), и 3 часа (рис. 5-3).

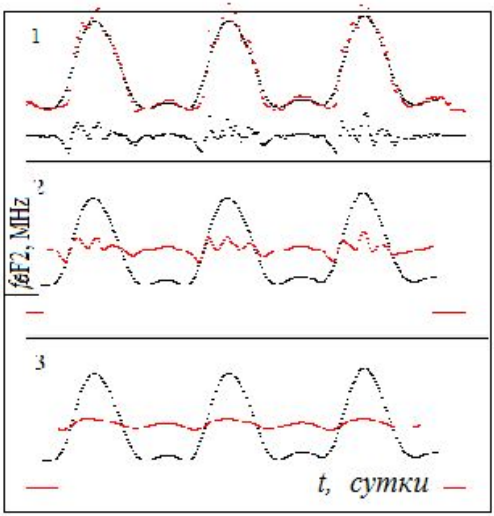


Рис.5. На фоне суточного хода показаны: разностная составляющая (1), и разностная составляющая выделенная цифровыми фильтрами с частотами среза: 2 - f_1 и 3 - f_2. По оси абсцисс-время, по оси ординат – амплитуда критической частоты.

3. Прогнозирование

Прогнозирование радиотрасс в дециметровом диапазоне подразделяется на три категории – долгосрочное прогнозирование, краткосрочное и оперативное [10]. Преимуществом метода эмпирического моделирования является использование в методе экстраполяции только экспериментальных данных. Оно заключается в представлении экспериментальных данных в виде сложного сигнала, прогнозирование которого осуществляется разложением последнего на отдельные более простые составляющие по частоте. На рис. 6 в качестве примера представлен фрагмент прогноза одной из составляющих, а именно, составляющей суточного хода критической частоты, полученной для 2-3 января 2014 года (рис. 4). Цифры 1 и 2 определяют результаты фильтрации, частотным и цифровым фильтрами, соответственно; цифра 3 указывает на длину интервала [*b*–*c*] =11 отсчетов исходной выборки, поступающей на модуль «Экстраполяции»; цифра 4 указывает границу исходных данных, выбранных для проведения экстраполяции (интервал *a* – *d*), цифра 5 – результат экстраполяции на интервале *c* -*e*. Интервал [*a* - *g*] =288 отсчетов (соответствует трем суткам), интервал

[*a* – *b*] =96 -15= 81 отсчет, [*d*-*g*] – интервал экстраполяции.

На рис. 7 представлен тот же процесс, полученный автоматически в программе «Excel» по результатам обработки и экстраполяции. Отфильтрованные данные критической частоты для суточного хода *fo*F2 с.х. – сплошная линия, прогноз суточного хода - штриховая линия. Приведенные данные на рис. 6 и 7 демонстрируют принципиальную возможность прогноза критической частоты методом экстраполяции составляющих сложного сигнала. Вопросы точности являются предметом отдельного исследования и в настоящей работе не рассматриваются.

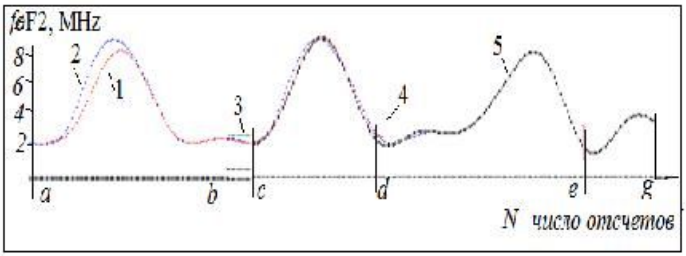


Рис. 6. Фрагмент процесса экстраполяции суточного хода критической частоты. По оси абсцисс – время, по оси ординат - амплитуда критической частоты

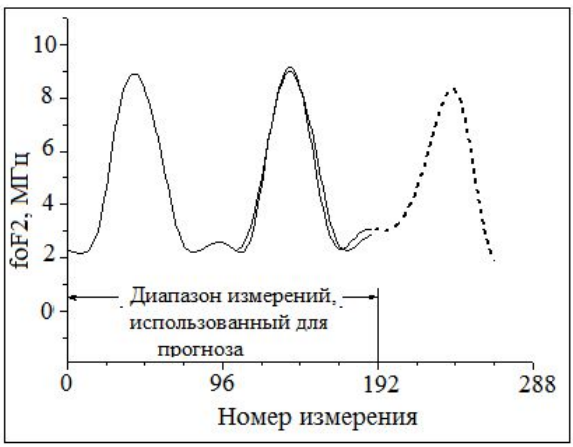


Рис. 7. Точки – результаты измерений. Сплошная линия – аппроксимация внутри диапазона измерений, использованного для прогноза. Штриховая линия – прогноз.

Предлагаемый метод не требует привлечения стандартных ионосферных моделей исследуемого процесса. Метод предполагает дальнейшее совершенствование, например, при долгосрочном или краткосрочном прогнозировании [10]. Для краткосрочного прогноза нельзя использовать статистические данные, полученные через 15 мин., необходимы измерения прогнозируемых параметров с меньшим временным интервалом.

Для решения проблемы определения оптимальных рабочих частот (ОРЧ) в оперативном режиме были разработаны методические основы обработки дискретных наблюдений для решения задач оперативного прогнозирования. Основу методов обработки составляет решение задачи аппроксимации разрывных функций.

Проведенный анализ наблюдаемых данных критической частоты слоя F2 ионосферы Земли, показал, что данные критической частоты целесообразно разбивать на частотные диапазоны и каждый диапазон отдельно прогнозировать. Представление наблюдаемого процесса в виде модулированной функции позволило предложить новый подход к проблеме прогнозирования разрывных функций. Такое представление позволяет провести операцию прогнозирования методом демодуляции. Построение операции демодуляции конечной выборки, позволило значительно подавить колебания Гиббса и показать, что механизм передачи информации в область будущего заложен в этих колебаниях.

Для оперативного прогнозирования ОРЧ требуются, полученные в оперативном режиме, данные о состоянии ионосферы в окрестности точки отражения радиоволны.

Библиографический список

1. Hamming R. W. Numerical methods. M.: Nauka, P. 400. 1972).

2. Pietrella M., Perrone L. A local ionospheric model for forecasting and critical frequency of the F2-layer during disturbed geomagnetic and ionospheric conditions. //Ann.Geoph. V. 26. No. 2, p.323-334. 2006 ;

3. Zolesi B., Cander L.R. Ionospheric prediction and forecasting. Berlin.: Springer-Verlag, 240 p. 2014).

4. Еременко В.А., Крашенниников И.В., Черкашин Ю.Н. Особенности поведения волнового поля в окрестности максимально применимой частоты. //Геомагнетизм и аэрономия. Т.47, № 3. С.407-412. 2007.;

5. Крашенниников И.В., Егоров И.Б., Коломийцев О.П., Черкашин Ю.Н. Погрешности прогнозирования ионосферного прохождения радиоволн на основе глобальной ионосферной модели // Геомагнетизм и аэрономия Т.44, № 2. С.221-226. 2004;

6. Рождественский Д.Б. Аппроксимация функции с разрывами. Явление Гиббса. //Промышленные АСУ и контроллеры.2011, №4. С.32 -36.

7. Рождественский Д.Б. Аппроксимация функции с разрывами. Метод демодуляции сложного сигнала. // Промышленные АСУ и контроллеры.2011, №10. С.15 -28.

8. Рождественский Д.Б. Методы экстраполяции на основе алгоритма восстановления непрерывного процесса по конечному числу равноотстоящих отсчетов. // Автоматика и Телемеханика. 2008. №1. С. 183-189.

9. Рождественский Д.Б., Цифровая фильтрация в задачах восстановления непрерывного процесса по дискретным отсчетам. // Информационно-измерительные и управляющие системы. №3, т.8, 2010. С. 51 – 61.

10. Рождественский Д.Б., Ефимова Н.Ю. Оперативное прогнозирование оптимальных рабочих частот для дальней радиосвязи. // Электросвязь, 2017, №5. С. 63-69.

ANALYSIS VARIATIONS OF THE CRITICAL FREQUENCY OF THE MIDLATITUDE IONOSPHERE WITH THE AIM OF INCREASING THE EFFICIENCY OF LONG-RANGE RADIO TELECOMMUNICATION

D.B. Rozhdesvensky, V.I. Rozhdesvenskaya, V.A. Telegin

Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Propagation of the Russian Academy of Science, Moscow, Russia,

e-mail: telvika@gmail.com, veraro2011@yandex.ru

Abstract. Considered variations of the critical frequency of the ionosphere on the example of the mid-latitude station Moscow at the fifteen-minute data of ionosonde. It is shown that the technology spectrum representation of variations the critical frequency as a complex signal allows to allocate a separate components and to obtain a preliminary assessment of the contribution of individual components in the processes occurring in the ionosphere. Proposed the technology representation of a complex signal the critical frequency conducted to assess its impact on forecast accuracy optimal operating frequency long-distance radio telecommunication.

Keywords: forecast, long-range radio communications, the ionosphere, spectral analysis.

УДК 628.16

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В РАЗВИТИИ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ ВОДЫ, СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ ТЕХНОЛОГИИ И ПРИМЕНЕНИИ ТЕХНИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ ОЧИСТКИ ВОДЫ

С.В. Изюмов[1], В.А.Телегин[2]

[1] ООО ИТЦ «Комплексные исследования», Москва, Россия
e-mail: sergey.izyumov@xenozone.ru
[2] - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН, Москва, Россия, *e-mail: telvika@gmail.com*

Аннотация. Рассмотрено состояние и основные современные тенденции, определяющие развитие технологий очистки воды и сточных вод в гражданском и промышленном секторе потребления. Указаны причины, стимулирующие инновационные разработки в области технологий водоподготовки и очистки стоков. Рассмотрена важность развития технологий он-лайн регистрации параметров воды, дистанционного мониторинга и комплексного анализа, прогноза и управления водными ресурсами

Ключевые слова. Технологии водоподготовки, очистка стоков, онлайн диагностика, дистанционный мониторинг

Процессы очистки и техника доставки воды для потребления и технологии очистки стоков являются, по-видимому, наиболее разработанными и стабильными отраслями человеческой деятельности, подверженными наименьшему влиянию или, по крайней мере, наименее изменяющиеся от состояния экономик государств, экономических кризисов и трансформаций политических систем. Объемы воды для потребления человеком, потребления промышленностью и энергетикой определяются, безусловно, уровнем экономического развития стран, но слабо зависят внутри этих стран от колебаний рынков. Технологии очистки воды устойчивы и консервативны.

В настоящее время общество сталкивается с двумя противоположно направленными трендами: качество и емкость источников воды уменьшаются, а объемы потребления и требования к этому качеству растут. Эти две тенденции в совокупности с проблемами глобального масштаба – экономия ресурсов и энергосбережение инициируют инновационные механизмы, изменяющие технологии очистки потребляемой воды и генерируемых стоков [1]. Современные тенденции потребления воды и требований к ее качеству являются двигателями инноваций в области очистки воды.

Вода, представляющая собой уникальный природный растворитель, источник и главный механизм поддержания жизни, является молекулярной средой, в которой одновременно протекают сложные физические, химические и биохимические процессы. В мировой технологической практике существуют более полутора десятков элементарных процессов, реализующих различные методы очистки воды от простого экранирования и осаждения до сложных процессов аэробной и анаэробной очистки с использованием активного ила. Нет одинаковых источников водоснабжения с одинаковым составом и концентрацией неорганических, органических и биологических загрязнений, поэтому и нет универсальных методов очистки. В водной отрасли сложились типовые схемы лишь для определенного вида загрязнений и определенного диапазона концентраций с типовыми требованиями качества воды для потребителей. Таким образом, выстраиваются технологии очистки, которые называются, как правило, по ключевому элементарному процессу очистки [2]. Например, говоря о системе очистки воды на основе ультрафильтрации или обратного осмоса, подразумевают наличие в системе необходимого комплекса предварительной очистки, обеспечивающего надежный и эффективный процесс фильтрации. При этом, каждый раз поставщику технологии очистки воды приходится определяться с совокупностью применяемых методов, ориентируясь на исходные и конечные параметры качества воды, параллельно раскладывая сложный пасьянс с учетом специфики требований и бюджета заказчика. Любая технология очистки воды является совокупностью различных элементарных процессов.

Решая проблему очистки воды необходимо учитывать разнообразие и сложность элементарных процессов очистки, а также возможность достижения требуемого качества воды с различной комбинацией и весом применяемых методов [1]. Потребитель, заинтересованный в конечном результате, вынужден руководствоваться компромиссом между сложностью и надежностью метода, доступностью обслуживания оборудования и стоимостью этого обслуживания. При этом окончательное решение заказчик принимает, как правило, ориентируясь на тот бюджет, который он считает оправданным для себя для достижения требуемого результата. Результат процесса очистки воды может быть достигнут разными средствами с отличающимися бюджетами.

Касаясь компромиссов при принятии решения о выборе технологии очистки воды, необходимо отметить, что чаще всего потребитель не достаточно учитывает вопросы долговременного влияния качества полученной в результате воды на ее объективные потребительские свойства. Это может быть связано со здоровьем, если, например, речь идет о питьевой воде или воде плавательных бассейнов. Влияние качества воды на надежность, работоспособность оборудования и качество получаемой продукции, например, в промышленности или энергетике также имеет долгосрочное влияние. Игнорирование долгосрочного влияния связано чаще всего с

недостаточной осведомленностью самого потребителя. Как правило, здесь оказываются задействованными маркетинговая политика или рыночные интересы поставщика элементарных процессов или всей технологии очистки в целом. При выборе технологии очистки необходимо учитывать ее долгосрочное влияние на потребителя или процессы потребителя.

В любом элементарном процессе очистки воды и технологии в целом существуют скрытые для потребителя «демоны», время обнаружения которых в процессе эксплуатации технологических установок далеко не коррелирует со сроками принятия оборудования в эксплуатацию и подписания актов приемки-передачи. Часто оказывается, что работающие при сдаче проекта оборудование или вся система перестают обеспечивать надлежащие параметры очистки по причине не предусмотренных производителем «фатальных» отклонений параметров, ошибок операторов или ненадлежащей процедуры обслуживания персоналом оператора. Например, при сдаче установки в эксплуатацию можно продемонстрировать, что использованная загрузка фильтра для удаления марганца обеспечивает параметры очистки воды, но столкнуться с объективными обстоятельствами, при которых эту загрузку трудно или невозможно будет регенерировать, если персонал один раз по недосмотру допустит превышение установленного уровня загрязнения фильтрующего материала. Это может касаться загрязнения кварцевых чехлов ультрафиолетовых установок, используемых для дезинфекции или несанкционированное попадание в стоки токсичных соединений, которые уничтожат биологический активный ил в системе биологической очистки. В результате возникают сбои в поставке воды или остановки в работе очистных сооружений. В любом случае речь будет идти об убытках потребителя или убытках, переложенных на поставщика. Хорошо, если эти риски были заложены поставщиком в стоимости гарантийного обслуживания или оператором в стоимости сервисного обслуживания, но в любом случае речь идет о потере производительности системы очистки или остановке производственных процессов, а значит об убытках, и, к сожалению часто незапланированных. Выбираемая технология очистки и способы обслуживания оборудования системы очистки должны обеспечивать требуемые параметры максимально устойчивым образом.

Одним из серьезных факторов, влияющих на выбор технологии поставщиком, является доступность технических решений. Надежность, простота в обслуживании оборудования и гарантированная безопасность определяют развитие отрасли водоочистки. Особую роль в этой тенденции играют средства автоматизации работы систем очистки воды, позволяющие повысить эффективность работы оборудования, оперативно реагировать на изменение параметров воды на входе в систему и изменять режимы обработки воды в зависимости от объема потребления, экономя тем самым энергозатраты и снижая удельную себестоимость обработки воды. Использование надежных средств контроля параметров воды и параметров работы оборудования автоматизированной системы управления позволяет снизить риски оста-

новки техники, избежать аварийной ситуации, исход которых может означать необходимость сложного ремонта или замены оборудования. Технологические решения для систем водоочистки должны быть доступны и просты в обслуживании. Автоматизация работы установок является средством упрощающим потребителям работу с оборудованием, повышающим эффективность, надежность и безопасность работы систем очистки воды.

Инновации в области водоочистки, инициированные новыми проблемами и создающие новые возможности для развития высокотехнологичных компаний, существенным образом модифицируют элементарные процессы водоочистки, делая их более эффективными и универсальными, позволяющими экономить ресурсы, в том числе энергию, значительно удешевляя эксплуатационные расходы и упрощая процедуру обслуживания оборудования. Другим, не менее важным результатом инноваций является синергия элементарных процессов, составляющих технологию очистки, при которой новые решения в отдельном элементарном процессе создают новые условия и дополнительные возможности в других процессах, входящих в технологию очистки. Примером может быть применение в качестве элементарного окислительного процесса инновационного метода интенсивного окисления органических соединений (Advanced Oxidation Processes - AOP) [3,4], при котором одновременно обеспечивается дезинфекция. При использовании AOP метода для деструкции органических соединений одновременно с другим элементарным процессом водоочистки на основе мембранной фильтрации удается существенным образом уменьшить обрастания мембран, увеличить время между очистками мембран, снизить количество реагентов, используемых для предотвращения зарастания и промывки мембран, а также увеличить их сроки эксплуатации. Другим примером синергии элементарных процессов очистки воды является использование AOP-метода деструкции токсичных органических соединений в стоках, при которой удается избежать блокирования биологической очистки, существенно повысить эффективность работы и расширить перечень соединений, перерабатываемых на очистных сооружениях. Ярким примером инновационных современных решений является использование различных катализаторов и фотокатализаторов, которые не только способствуют деструкции органических загрязнений, но и одновременно осуществляют дезинфекцию воды. Инновации в элементарных процессах очистки воды создают синергию и являются толчком к развитию новых технологий.

Все перечисленные выше факторы, влияющие на выбор потребителем того или иного оборудования, тесно связаны с необходимостью анализа эффективности поддержания жизненного цикла систем очистки воды. Это становится особенно актуальным для потребителей, имеющих стратегии своего развития, учитывающие тенденции совершенствования технологий, процессы колебаний и изменений рынка, ставящие цели повышения эффективности долгосрочных инвестиций. Выбор технологии очистки воды при наличии стратегий долгосрочного развития необходимо делать в

рамках модели жизненного цикла применяемой технологии.

Любого потребителя технологии очистки воды, в конце концов, интересует результат, и поскольку он, как правило, не обладает достаточной компетенцией в отдельных элементарных процессах очистки, единственный способ достижения этого результата – обратиться к надежному и продвинутому интегратору, занимающемуся инжинирингом в области водоочистки, либо найти разработчика новых современных инновационных процессов, обладающего опытом интеграции элементарных стандартных процессов очистки воды и способного в короткий срок разработать технологию, проверить ее в лабораторных условиях и провести пилотные испытания до начала создания полномасштабной экономически оправданной системы очистки. Наиболее надежным для потребителя является использование проверенных технологических решений и работа с авторитетными инновационными компаниями, интегрирующими максимально эффективно с точки зрения капитальных и эксплуатационных затрат свои собственные решения с имеющимися на рынке стандартными методами.

С повышением масштабов промышленных технологий и возрастанием потребностей генерирования энергии увеличивается производительность систем очистки воды и стоков. Промышленные установки с расходом очищаемой воды 1000 м3/ч стали обычным стандартным решением. Расход сточных вод технического конденсата, содержащих токсичный фенол на нефтехимических предприятиях, может достигать аналогичной величины - 1000 м3/ч. Расходы воды в системах оборотного водоснабжения для охлаждения крупных энергоблоков в атомной энергетике составляют 150 000 м3/ч. Только потери на испарения в градирнях энергоблоков мощностью 1 ГВт могут достигать 25 000 тонн в час. Город с населением 1 млн. человек ежечасно потребляет около 10 000 м3/ч воды и практически столько же воды отправляет на очистные сооружения. Такие масштабы потребления и необходимости утилизации воды требуют изменения подхода к рациональному использованию и управлению водными ресурсами. Все большую актуальность приобретает развитие методов повторного использования воды. Водная отрасль требует развитие методов управления водными ресурсами с учетом их рационального использования.

С увеличением масштабов потребления воды в гражданском и промышленном секторе повышаются требования к санитарной и экологической безопасности населения. Возникающие отрицательные тенденции и угрозы, в том числе, связанные с человеческим фактором, природными явлениями и опасностями терроризма, должны быстро обнаруживаться и ликвидироваться. Все большее значение приобретают он-лайн методы определения различных параметров воды, развитие технологий удаленного доступа и комплексного мониторинга [5]. Все более актуальны работы по созданию комплексных систем сбора и анализа параметров воды в источниках водоснабжения, системах очистки, магистралях распределения по-

требляемой воды и стоков. Такие работы возможны при создании кооперации специалистов, работающих в области разработки технологий очистки воды, создания электронных приборов и средств коммуникаций, в области создания средств сбора и обработки данных. Современные тенденции в водном секторе экономики требуют консолидации специалистов, работающих в различных областях науки и техники.

Библиографический список

1. Promoting Technology Innovation for Clean and Safe Water
Water Technology Innovation Blueprint—Version 2, EPA, 2014
2. David Hendricks. Fundamentals of Water Treatment Unit Processes. IWA Publishing, CRC Press, 2011
3. Clemens von Sontag, Urs von Gunten. Chemistry of Ozone in Water and Wastewater Treatment. From Basic Principals to Applications. IWA Publishing, 2012
4. James Collins, James R. Bolton. Advanced Oxidation. Handbook. American Water Works Association, 2016
5. Planning of Water Quality Monitoring Systems. Technical Report Series, WMO-No.1113, 2013

MODERN TRENDS IN DEVELOPMENT OF METHODS OF WATER TREATMENT, IMPROVEMENT OF TECHNOLOGY AND APPLICATION OF TECHNICAL MONITORING FOR IMPROVING EFFICIENCY AND SAFETY OF WATER TREATMENT TECHNOLOGIES

S.V. Izyumov[1], V.A. Telegin[2]

[1] OOO ITC "Comprehensive Research", Moscow, Russia
e-mail: sergey.izyumov@xenozone.ru
[2] - Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Waves Propagation of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
e-mail: telvika@gmail.com

Abstract. The state and main current trends that determine the development of water and wastewater treatment technologies in the civil and industrial consumption sector are examined. The reasons stimulating innovative developments in the field of water treatment and wastewater treatment technologies are indicated. The importance of developing technologies for online registration of water parameters, remote monitoring and integrated analysis, forecasting and management of water resources.

Keywords. Water treatment technologies, waste water treatment, on-line diagnostics, remote monitoring

УДК 629.7

ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ БОРТОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ МИКРО-КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
PERSPECTIVES OF ESTABLISHMENT OF ON-BOARD EQUIPMENT OF MICRO-SPACE APPLIANCES ON THE BASIS OF APPLICATION OF NEW TECHNOLOGIES

В.В. Меньшиков, О.Б. Чурсин

Международная ассоциация участников Проекта "Международная аэрокосмическая система глобального мониторинга и прогнозирования"

V.V. Menshikov, O. Chursin.
International Association of Participants of the Project "International Aerospace System for Global Monitoring and Forecasting"

В докладе рассматриваются основные направления разработки бортового оборудования микрокосмических аппаратов на основе новых технологий.

The report examines the main directions of developing on-board equipment for microcosmic devices based on new technologies.

Ключевые слова: Международная аэрокосмическая система глобального мониторинга, общепланетарное информационное пространство безопасности, природные и техногенные опасности и катастрофы, мониторинг.

Key words: International aerospace system of global monitoring, global security information space, natural and technogenic dangers and catastrophes, monitoring.

Индустриальная эпоха прошлого 20 века требовала создания технических гигантов, при этом достижением считалось строительство огромных заводов, производство сверхмощных устройств, стабильно шло увеличение габаритных и вещественно-энергетических характеристик. Однако сегодня индустриальный этап себя уже во многом исчерпал. На смену ему пришла информационная эпоха 21 века, для которой с одной стороны экологические проблемы, а с другой накопленные человечеством знания послужили причиной разработки новейших технологий практически во всех отраслях.

Общей особенностью этих технологий является резкое снижение значений параметров, касающихся потребления всех видов вещественно-энергетических ресурсов. В результате уменьшаются размеры, масса, по-

требление топлива и энергии различных приборов и устройств при одновременном возрастании информационной и интеллектуальной составляющих технических систем и повышении комплексных показателей их эффективности.

Тенденция к миниатюризации и снижению энергопотребления при повышении общей эффективности системы наглядно проявилась в области компьютерной техники и электроники. Достижения в этих областях послужили одним из важнейших катализаторов к переходу от индустриальной к информационной эпохе развития человеческой цивилизации. В настоящее время указанные процессы в полной мере идут и в космической области, в которой создается и эксплуатируется множество космических систем различной сложности и различного целевого назначения. Миниатюризация в космической сфере особенно актуальна, так как запуск 1 кг массы полезной нагрузки на орбиту сейчас составляет несколько десятков тысяч долларов. Кроме того, актуальность создания и применения микро космических аппаратов или микроспутников обосновывается целым рядом других аргументов, основными из которых являются: сокращение сроков разработки с 8-10 до 2-3 лет; снижение стоимости услуг, предоставляемых космической техникой потребителям; снижение затрат на выведения аппаратов в космическое пространство за счет использования конверсионных ракет-носителей и попутного выведения и т. д.

Реальную возможность практической реализации создания микрокосмических аппаратов (КА) или микроспутников для выполнения целевых задач в космосе обусловило развитие новейших технологий во всех областях человеческой деятельности, использование которых определило основные направления создания бортового оборудования микро КА [1]:

- реализация глубокой интеграция оборудования, что позволяет снизить массо-габаритные характеристики и повысить функциональную гибкость;

- унификация и стандартизация бортового оборудования в части ключевых интерфейсов между системами в пределах микро КА;

- использование шинных технологий для построения коммутационных сетей;

- обеспечение сопрягаемости подсистем не только на уровне аппаратных узлов и блоков, но и на уровне интеграции программных систем, независимо разрабатываемых и принадлежащих разным функциональным подсистемам от разных разработчиков;

- использование перспективных разработок в области нанотехнологий в части создания фотоприемных устройств, солнечных батарей, компонентов средств связи, синтеза трехмерных компонентов микромеханиче-

ских систем, наноструктурированных пленок, нанотрубных систем и др., а также в области наноэлектроники для создания мощных бортовых вычислительных комплексов, обладающих высоким быстродействием, надежностью [2], малым энергопотреблением, массой и габаритами, устойчивыми к помехам и излучениям;

- использование принципов микромехатроники, которые определяют направления и возможность комплексирования различных видов энергии для механических, электрических и других систем микро КА.

Определяющей тенденцией при построении бортовых систем микро КА, является глубокая интеграцией бортового оборудования. Эта тенденция уже проявилась в сравнительно новой области науки - авионике, где осуществлен переход от «федеративных» систем к интегрированной модульной авионике (ИМА). Федеративные системы, системы с федеративной архитектурой содержат набор независимых подсистем, каждая из которых состоит из собственных аппаратных средств, программного обеспечения и вычислительных средств, программируемых для выполнения только своих, специфических для данной подсистемы функций.

Интегрированные комплекты бортового оборудования не обособляют оборудование функциональных подсистем, а реализуют совокупность различных задач нескольких традиционных систем на едином комплексе аппаратуры. Целевые подсистемы при таком построении перестают быть закрытыми автономными системами, визуализируются и становятся физически распределенными по компонентам архитектуры, совместно использующими ее интегральные ресурсы. Подобная интеграция ресурсов для решения всего комплекса задач, размывание жестких границ между закрытыми федеративными подсистемами может на порядок снизить число конструктивно-функциональных модулей бортового оборудования на борту микро КА.

Интегрированная модульная авионика является базовой для построения бортового оборудования перспективных летательных аппаратов [3]. Она включает поля датчиков – источников информации, поля исполнительных устройств, аналоговые подсистемы обработки сигналов, программируемую коммуникационную систему для высокоскоростных цифровых сигналов, интегрированную вычислительную систему цифровой обработки сигналов и данных. Интегрированная архитектура перспективного бортового оборудования поддерживается созданием новых, совместимых «сверху - вниз», системообразующих стандартов, которые обеспечивали бы большую технологическую независимость следующего поколения аэрокосмических комплексов.

Аналогичные процессы идут и при разработках космических аппаратов (например, в разработках по заказам ЕКА), где снижение массогабаритных характеристик и повышение функциональной гибкости имеют еще

большее значение, чем в авиационных системах.

Перспективная форма сокращения избыточности микроспутника, как целостной системы заключается в распространении принципа интегрированности архитектуры бортового оборудования на совокупность служебного оборудования и оборудования специального комплекса. Интегрированность бортового оборудования, многоцелевое использование технических средств для решения различных функциональных задач является естественным подходом к эффективному использованию технических средств на борту микро КА.

Наряду с направлением, связанным с интеграцией бортовых систем актуально также направление унификации и стандартизации бортового оборудования микроспутника.

В настоящее время ведутся интенсивные работы по разработке унифицированной архитектуры комплексов бортового оборудования (КБО) по стандартизации ее уровней, протоколов и интерфейсов, от уровня физических интерфейсов до уровней стандартизованных сервисов (например, передачи сообщений на прикладном уровне – Application Layer Messaging Service), а также унифицированных объектов и сервисов более высокого уровня (Common Application Objects and Services) для прикладных систем, разработка стандартизованных API (Application Program Interface) для каждого из этих уровней, объектов и сервисов.

Большую активность в этой области проявляют такие организации как European Cooperation for Space Standardization (ECSS) и международные комитеты Consultative Committee for Space Data Systems (CCSDS) и группы Spacecraft On-board Interface (SOIF).

Комитет ECSS (European Cooperation for Space Standardization), создан под эгидой ЕКА в 1993 г. Задачей ECSS является разработка единой системы стандартов для космических систем и аппаратов. Общая техническая политика ECSS состоит в том, что во всех случаях, где это возможно, стандартизовать требования к соответствующим функциям и подсистемам, а не технические способы их реализации. Большинство технических работ по разработке стандартов координирует исследовательский центр ЕКА ESTEC (European Space Technology Centre).

Работы по стандартизации для бортовых интерфейсов космических аппаратов (SOIF) имеют целью разработку набора полностью открытых, согласованных международных стандартов, которые определяют ключевые интерфейсы между системами в пределах космическою аппарата. Важная черта этих работ – создание единого набора стандартов по интерфейсам для КА всех классов.

Обеспечение таких возможностей при проектировании микро КА позволит фокусировать усилия на объединении современных технологий.

Определяя набор гибких бортовых интерфейсов, кооперации организаций промышленности по созданию микро КА задается стимул для разработки стандартизированных компонентов, которые будут доступны для выбора и интегрирования их в бортовом оборудовании.

Рабочая группа по разработке бортовых интерфейсов для перспективных космических аппаратов под эгидой NASA рассматривает использование целого ряда интерфейсов и шинных технологий для коммуникационных сетей в космических системах. Среди них IEEE 1394, MIL-STD-1553B, I2C-bus. Проектировщики КА могут выбирать комбинацию из трех шин, которая лучше всего отвечает их приложениям.

Глубокая интеграция бортового оборудования микро КА по-новому ставит вопросы сопрягаемости подсистем, которые необходимо решать не только на уровне аппаратных узлов и блоков, но и на уровне интеграции программных систем – независимо разрабатываемых и принадлежащих совершенно разным функциональным подсистемам от разных разработчиков.

Создание экономически и функционально эффективного микро КА возможно в перспективе на основе использования нанотехнологий, которые позволяют получить:

помехоустойчивую высокопроизводительную связь, за счет применения квантовых электронных входных каскадов, реализуемых на основе нанотехнологии, при этом уменьшается уровень шумов входных каскадов, что приводит к увеличению дальности связи;

сверхширокополосные оптические приемники (ультрафиолетового, видимого и инфракрасного диапазонов), работающие без охлаждения, что особенно важно для микро КА;

градиентные концентраторы, многократно повышающие эффективность солнечных батарей на их основе;

высокопроизводительные бортовые системы обработки информации, осуществляющие нейросетевые механизмы на основе молекулярной электроники и нанотехнологий;

чувствительные и селективные (помехоустойчивость при высокой чувствительности) сенсорные устройства, необходимые для эффективного функционирования;

Перспективу для использования при создании микро КА имеют:

развитие зондовых нанотехнологий по получению стойких к воздействию высоких температур и радиационного излучения наноприборов, разработка многозондовых систем с независимым позиционированием каждого зонда. Эти технологии направлены, прежде всего, на создание фотоприемных устройств, солнечных батарей, компонентов средств связи и синтез трехмерных компонентов микромеханических систем. Кроме того,

это направление обеспечивает создание исследовательской аппаратуры для других направлений нанотехнологий и наноматериалов;

развитие технологий активных фотонных кристаллов на основе правильных упаковок сфер двуокиси кремния с заполнением межсферического пространства различными материалами (полупроводниками, магнитными, пьезоэлектриками, фотохромами и др., а также наноструктурированных пленок и нанотрубных систем). Создание этих технологий направлено, прежде всего, на разработку фотоприемных устройств, высокочувствительных датчиков, устройств на основе автоэлектронных катодов, светоизлучающих приборов, элементов оптоволоконных систем связи;

развитие молекулярной и биомолекулярной оптоэлектроники, основанных на обработке информации в нелинейных диссипативных средах с распределенными обратными связями. Разработка принципов построения и конструирования молекулярной структуры, определение стратегии и методик синтеза молекулярного элемента, переключаемого электрическим полем. Эти технологии направлены, прежде всего, на создание интегральных схем, устройств обработки изображений, ассоциативной памяти, нейрокомпьютеров, устройств отображения информации.

Следующим перспективным направлением создания бортового оборудования микро КА является направление микромехатроники, которое, например, предлагает рассматривать использование маховиков – элементов систем стабилизации КА – в качестве элементов системы электропитания и конструктивной основы бортового электронного комплекса.

Маховик по определению имеет массу, причем, совершенно определённую, соотносимую с массой КА. Для выполнения своих функций маховик должен обладать заданной массой, которая оказывается «бесполезной» для других систем КА. Представляется целесообразным размещать на маховике для обеспечения его массы блоки электронной аппаратуры КА. В этом случае сокращается общая масса и объём КА. В корпусе маховика можно также размещать другие устройства, например, аккумуляторные батареи.

В качестве второго предложения микромехатроники предлагается рассматривать маховик в качестве накопителя энергии. На солнечной стороне происходит выработка электроэнергии с помощью фотоэлектронных преобразователей. Эта энергия используется наряду с другими назначениями для вращения маховика, который накапливает кинетическую энергию. На теневой стороне происходит возврат кинетической энергии маховика, преобразуемой в электрическую энергию, в систему электропитания. Возможности миниатюрных микрочипов, которые автономно устанавливаются в интегрированную систему стабилизации и электропитания, позволяют управлять системой маховиков таким образом, чтобы обеспечи-

вать заданную стабилизацию КА и параметры электропитания КА. В результате повышается эффективность системы электропитания при уменьшении суммарной массы КА.

Маховик может быть использован в качестве платформы для размещения элементов сканирующей системы.

Маховик может быть использован в качестве постоянного энергонезависимого запоминающего устройства большой ёмкости.

Представляет интерес объединение систем электропитания и термостатирования. Налицо противоречие между потребностью аппарата в энергии (электрической) и избытком энергии в виде нагрева его устройств. По оценкам специалистов возможно создать единую энергетическую установку, которая должна преобразовать избыточное тепло в электроэнергию. В результате потребность во внешней энергии существенно уменьшится, соответственно уменьшится масса и размеры аппарата.

Все рассмотренные основные направления разработки бортового оборудования микро КА на основе новых технологий являются базовыми и представляют собой далеко не полный перечень. Будущее покажет, возможно, и другие направления, использование которых может дать эффективные практические результаты. Тем не менее, указанные направления имеют большую перспективу реального применения при создании микро КА.

Библиографический список

1. Меньшиков В.А., Рудаков В.Б., Сычев В.Н. Задачи, основные тенденции и перспективы развития автоматических космических аппаратов // «Полет». - 2009. - № 6.

2. Барзилович Е.Ю., Гнеденко Б.В. О некоторых актуальных проблемах надежности. В кн.: Проблемы надежности летательных аппаратов: сб. статей. -/ под ред. И.Ф. Образцова, А.С. Вольмира.- М.: Машиностроение, 1985. - 280с., ил.- (надежность и качество).

3. Волков Л.И. Управление эксплуатацией летательных комплексов. - М.: Высшая школа, 1987. - 400с.

Bibliography

1. Menshikov VA, Rudakov VB, Sychev V.N. Tasks, main trends and prospects for the development of automatic spacecraft // "Polet". - 2009. - No. 6.

2. Barzilovich E.Yu., Gnedenko B.V. On some topical reliability problems. In: Problems of the reliability of aircraft: Sat. articles. - / Ed. I.F. Obraztsova, A.S. Vol'mira .- M .: Mechanical Engineering, 1985. - 280 pp., Ill .- (reliability and quality).

3. Volkov L.I. Management of operation of flying complexes. - Moscow: Higher School, 1987. - 400s.

УДК 629.7

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ В ИНТЕРЕСАХ РАЗВЕРТЫВАНИЯ МЕЖДУНАРОДНОЙ АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ГЛОБАЛЬНОГО МОНИТОРИНГА

PROSPECTS FOR THE USE OF THE INTERNATIONAL SPACE STATION FOR THE INTEREST OF DEPLOYMENT OF THE INTERNATIONAL AEROSPACE SYSTEM OF GLOBAL MONITORING

В.А. Меньшиков В.В. Меньшиков, Чурсин О.Б.

Международная ассоциация участников Проекта "Международная аэрокосмическая система глобального мониторинга и прогнозирования"
V.A. Menshikov V.V. Menshikov, O. Chursin.
International Association of Participants of the Project "International Aerospace System for Global Monitoring and Forecasting"

В докладе излагаются перспективы, цели и задачи использования Международной космической станции в интересах формирования общепланетарного информационного пространства безопасности на основе Международной аэрокосмической системы глобального мониторинга, анализируется состояние и даются рекомендации по применению отечественной и зарубежной измерительной аппаратуры.

The report outlines the prospects, goals and tasks of using the International Space Station in the interests of forming a global information security space on the basis of the International Aerospace Global Monitoring System, analyzing the state and giving recommendations on the use of domestic and foreign measurement equipment.

Ключевые слова: Международная космическая станция. Международная аэрокосмическая система глобального мониторинга, общепланетарное информационное пространство безопасности, природные и техногенные опасности и катастрофы, мониторинг.

Key words: International Space Station, International aerospace system of global monitoring, global security information space, natural and technogenic dangers and catastrophes, monitoring.

Совокупность геофизических и техногенных, навигационных и телекоммуникационных полей может рассматриваться в качестве глобального информационного поля Земли и околоземного пространства. Использова-

ние этого поля в целях обеспечения безопасного и устойчивого развития человечества с применением соответствующих орбитальных, авиационных и наземных средств может обеспечить формирование общепланетарного информационного пространства безопасности.

В 2007 году НИИ КС имени А.А. Максимова - филиал ГКНПЦ имени М.В. Хруничева под руководством академика РАКЦ В.А. Меньшикова выдвинул идею и начал работу по продвижению на международном уровне Проекта создания Международной аэрокосмической системы мониторинга (МАКСМ), одной из основных целей создания которой и является формирование упомянутого общепланетарного информационного пространства безопасности.

Одним из наиболее эффективных и необходимых путей создания и развертывания МАКСМ является использование богатейшего опыта и широчайших возможностей пилотируемой космонавтики и Международной космической станции (МКС).

Использование МКС в интересах создания и развертывания МАКСМ представляется целесообразным прежде всего для натурной отработки методов и средств космического мониторинга, а также, учитывая богатейший опыт взаимодействия МКС с зарубежными космическими системами, для отработки технологий сопряжения зарубежных и отечественных элементов МАКСМ.

Космические средства МАКСМ предназначены для измерения фоновых распределений и выделения возмущений параметров тепловых, магнитных, гравитационных полей и плазмы в ионосфере, выявления изменений в озоновом слое и характеристик атмосферы, в геодинамике земной коры и гидродинамике грунтовых вод, являющихся возможными предвестниками стихийных бедствий, природных и техногенных катастроф.

Задачи экспериментов могут решаться путем прямых измерений или методами дистанционного зондирования Земли из космоса. Полученные данные должны передаваться в ситуационные центры глобальной системы обеспечения потребителей мониторинговой информацией. Исходя из этого, использование МКС представляется целесообразным для отработки усовершенствованных и новых методов и средств космического базирования, предназначенных для решения следующих основных задач [1]:

- наблюдение поверхности Земли, атмосферы и ионосферы с использованием аппаратуры видимого и теплового диапазонов, низко- и высокочастотных волновых комплексов, плазменных комплексов, комплексов мониторинга энергетических частиц, магнитометров, масс-анализаторов, спектрометров с целью:

• глобального геологического картирования различных горных пород, складчатых и разрывных структур, динамического контроля сейсмоопасных районов;

• динамического мониторинга гидрогенных экосистем;

• обнаружения признаков грядущих землетрясений (измерение перемещения тектонических плит, контроль различных признаков землетрясений, процессов вулканической деятельности);

• контроля зарождения, развития и распространения смерчей, тайфунов, цунами, циклонов и антициклонов;

• мониторинга состояния потенциально опасных объектов (гидротехнических сооружений, химических, радиационных, пожаро-, взрывоопасных и других объектов), функционирующих на Земном шаре;

-сбор получаемой информации на борту космического аппарата (КА) и ее регистрация;

- передача получаемых данных мониторинга на наземные станции приема космической информации в режиме получения данных и с задержкой при накоплении данных в бортовом запоминающем устройстве КА.

Следует отметить, что МКС уже использовалась для проведения космических экспериментов, результаты которых представляют несомненный интерес для разработки космических средств МАКСМ. Среди них следует упомянуть следующие эксперименты [2]:

- серия экспериментов с использованием аппаратуры «Релаксация» по регистрации воздействия на ионосферу Земли радионагревного стенда «Сура»;

- «Молния-гамма» - по исследованию атмосферных вспышек гамма- и оптического излучения в условиях грозовой активности;

- «Ураган» - по исследованию природных и техногенных катастроф;

- серия экспериментов по изучению ионосферы: эксперимент «Импульс» по изучению эффектов модификации ионосферы с помощью импульсного инжектора плазмы и др.

Для развития рассматриваемых направлений исследований в настоящее время на российском сегменте МКС готовятся следующие космические эксперименты, представляющие несомненный интерес для разработки МАКСМ [2]:

- «Сейсмопрогноз-СМ» - по исследованию физических явлений в околоземном космическом пространстве, обусловленных процессами подготовки землетрясений и техногенными воздействиями;

- «Гидроксил» - по изучению оптических излучений верхней атмосферы и ее отклика на аномальные природные и техногенные явления и др.

В целях углубленного изучения проблемы краткосрочного прогнозирования землетрясений и других природных бедствий и техногенных катастроф представляется целесообразным проведение на МКС космических экспериментов по исследованию ионосферы, атмосферы и литосферы различными методами, прежде всего представленными на рис. 1 [1].

В качестве специальной и научной аппаратуры на МКС могут быть установлены различные бортовые системы и приборы для мониторинга и регистрации предвестников природных и техногенных катастроф (рис. 2) [1].

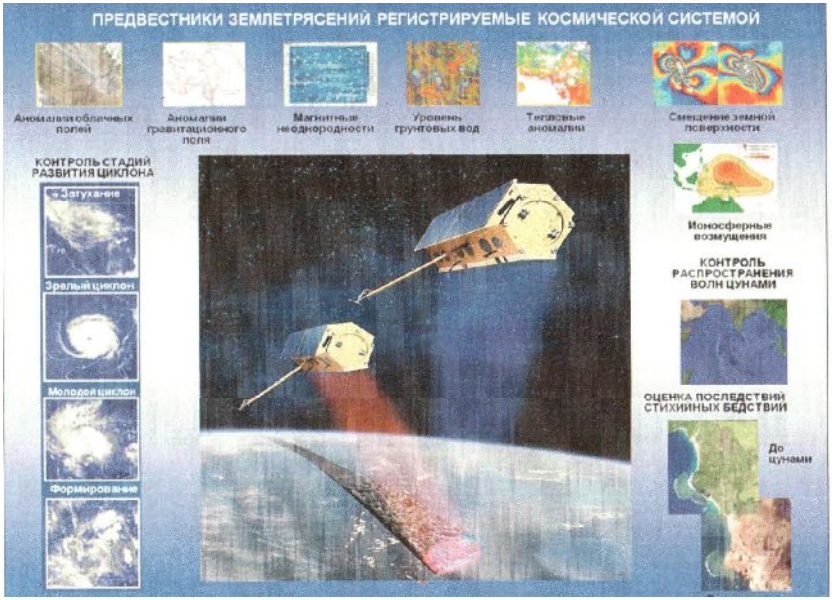


Рис. 1. Предвестники землетрясений и техногенных катастроф.

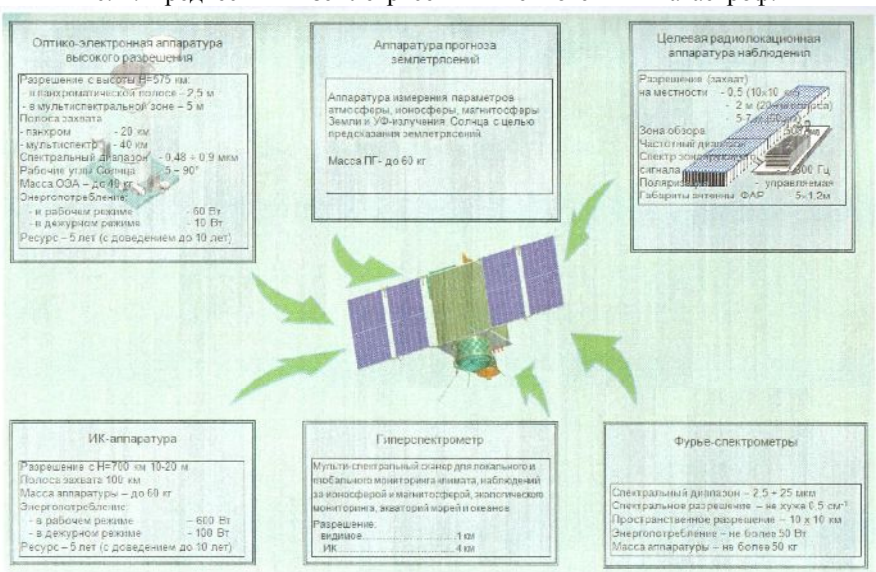


Рис. 2. Специальная и научная аппаратура для установки на МКС с целью решения задач мониторинга и регистрации предвестников природных и техногенных катастроф

В частности, для мониторинга и регистрации таких предвестников, как аномальные низкочастотные (УНЧ-КНЧ-ОНЧ) электромагнитные излучения, возмущения квазипостоянных электрических полей, локальные вариации температуры плазмы, аномальные геомагнитные пульсации на частотах около 1 Гц, высыпания высокоэнергичных частиц, на МКС целесообразно установить следующую бортовую научную аппаратуру [1]:

- УНЧ-ОНЧ волновой комплекс для измерения и анализа волновых излучений в диапазоне частот 0,1 Гц - 23 Гц;
- высокочастотный волновой комплекс для измерения спектра электромагнитных излучений в диапазоне 0,1-15 МГц и электронной плотности;
- измеритель электростатических полей для измерения трех компонент квазипостоянного электрического поля;
- спектрометр энергичных частиц для измерения энергетического распределения и вариаций интенсивности потоков электронов и ионов с энергиями 20 кэВ -2МэВ;
- оптический комплекс для измерения характеристик атмосферных эмиссий;
- плазменный комплекс для измерения ионного и нейтрального состава, плотности, вариаций плотности и компонент скорости дрейфа плазмы.

Необходимо отметить, что часть указанной бортовой аппаратуры уже создала и может быть использована в составе МКС и микроспутников космического сегмента МАКСМ.

Рис. 3. Низкочастотный волновой приемник SAS2

К данной аппаратуре относятся:

- низкочастотный волновой приемник SAS2;

- высокочастотный измеритель высотного распределения электронной концентрации от основания атмосферы до высоты КА;

- радиочастотный анализатор;

- научная аппаратура «Татьяна», предназначенная для регистрации и изучения радиации;

- маломассогабаритные Фурье-спектрометры.

Низкочастотный волновой приемник SAS2, который можно установить на МКС (рис. 3), предназначен для измерения электромагнитных полей в диапазоне от единиц Гц до 20 кГц и может быть использован для установления связи между сейсмической активностью и ОНЧ-КНЧ явлениями с целью прогнозирования природных бедствий.

Основные характеристики прибора SAS2 представлены в табл. 1.

Таблица I

Диапазон измеряемых частот	1 Гц- 20 кГц
Чувствительность: - по электрической компоненте - по магнитной компоненте	$5\text{-}10^{-7}$ В/м $Гц^{1/2}$ 10^{-2} нТл$Гц^{-1/2}$
Потребляемая мощность	< 5 Вт
Масса прибора (без датчиков)	< 900 г

Аппаратура ГИД-12Т способна обеспечить высокоточные измерения высотного распределения электронной концентрации (от основания ионосферы до высоты МКС) по данным трансионосферного спутникового зондирования с использованием сигналов космических аппаратов глобальных навигационных систем ГЛОНАСС/GPS с целью:

- изучения глобального распределения высотной структуры ионосферы;

- диагностики активных воздействий на ионосферную плазму;

- антропогенных эффектов в ионосфере и эффектов, связанных с естественными процессами в земной атмосфере, в том числе над сейсмоактивными регионами.

- плазменного комплекса для контроля поперечной и продольной компоненты скорости дрейфа ионов в диапазоне 0,02-5,0 км/с, плотности ионов в диапазоне 102-06 см'^{3}, ионной температуры в диапазоне 300-10 000 К: осцилляции ионной плотности в диапазоне 0.5-1000 Гц и возмущения ионного состава:

- видеофотометрического комплекса для контроля интенсивности и частоты появления грозовых разрядов, ТВ-изображение областей атмосферного свечения в направлении лимба Земли, получаемое с помощью ТВ-камеры на базе ПЗС-матрицы и усилителя яркости; интенсивности ат-

мосферных эмиссий в избранных спектральных диапазонах, измеряемой с помощью фотометров, ориентированных на лимб Земли и в надир;

- комплекса мониторинга энергичных частиц для наблюдения энергетических спектров электронов в диапазоне 15-350 кэВ и ионов в диапазоне 15-3200 кэВ, регистрируемые с двух направлений, временных вариаций потоков частиц в выбранных энергетических диапазонах;

- магнитометра постоянного поля для мониторинга трех компонент геомагнитного поля в диапазоне +/- 60 мкТл с погрешностью не более 0.015 мкТл.

- масс-анализатора для контроля распределения ионов и нейтральных частиц по массам в диапазоне 1-1000 а.е.м. с временным разрешением до 30 мс;

- спектрометра для мониторинга распределения интенсивности гидроксильных эмиссий по спектру в диапазоне 727-1103 нм и по высоте в диапазоне 90-95 AIM, а также интенсивности эмиссии атомарного кислорода по высоте в диапазоне 85-110 км.

Таблица 2. Основные характеристики зарубежных и отечественных Фурье-спектрометров

Наименование	IASI	CrIS	ИКФС-2	1У1ЦФС
Тип инструмента	Фурье-спектрометр	Фурье-спектрометр	Фурье-спектрометр	Фурье-спектрометр
Спектральный диапазон, мкм	3.6-15.5	4-15.4	5-15	2.5-25
Спектральное разрешение, см'	0.3-0.5	0,5-0,6	0.5	0,2
Пространственное разрешение, км	12x12	14x14	40x40	10x10
Потребляемая мощность (Вт)	200	86	50	30
Вес (кг)	230	81	50	28

Таким образом, в настоящее время имеется достаточно обширная номенклатура российской и зарубежной аппаратуры космического базирования, которая может быть использована для натурной отработки на МКС методов и средств регистрации предвестников природных и техногенных катастроф. Задачи экспериментов могут решаться путем прямых измерений или методами дистанционного зондирования Земли из космоса. Полученные данные должны передаваться в ситуационные центры глобальной системы обеспечения потребителей мониторинговой информацией.

Исходя из этого, использование МКС представляется целесообразным для отработки новых методов и средств космического базирования, предназначенных для наблюдения поверхности Земли, атмосферы и ионосферы с использованием аппаратуры видимого и теплового диапазонов, низко- и высокочастотных волновых комплексов, плазменных комплексов, комплексов мониторинга энергетических частиц, магнитометров, масс-анализаторов, спектрометров с целью: динамичного контроля сейсмоопасных районов; обнаружения признаков грядущих землетрясений (измерение перемещения тектонических плит, контроль различных признаков землетрясений, процессов вулканической деятельности); контроля зарождения, развития и распространения смерчей, тайфунов, цунами, циклонов и антициклонов; мониторинга состояния потенциально опасных объектов (гидротехнических сооружений, химических, радиационных, пожаро-, взрывоопасных и других объектов), функционирующих на Земном шаре.

Кроме этого, представляется необходимым использование богатейшего опыта создания и функционирования МКС в рамках международной кооперации для развития технологий сопряжения и интеграции зарубежных и отечественных систем мониторинга в составе МАКСМ.

Учитывая положительный опыт проведения космических экспериментальных исследований на борту МКС с использованием создаваемой аппаратуры, представляется целесообразным применение МКС для обнаружения предвестников природных и техногенных катастроф на постоянной основе и введение МКС в состав орбитального сегмента МАКСМ.

В конечном итоге использование МКС в интересах развертывания МАКСМ и их дальнейшее взаимодействие несомненно повысят эффективность решения актуальнейшей проблемы человечества - формирование общепланетарного информационного пространства безопасности.

Библиографический список

[1] Меньшиков В.А., Перминов А.Н., Урличич Ю.М. Глобальные проблемы человечества и космос. - М.: Изд-во МАКД, 2010. - 570 с. [2] Кузнецов В.Д. Космические исследования Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн РАН//УФН, т. 180, № 5, 2010. - С. 554-560.

Bibliography

[1] Menshikov VA, Perminov AN, Urlichich Yu.M. Global problems of mankind and space. - Moscow: Publishing house MACD, 2010. - 570 p. [2] Kuznetsov V.D. Space studies of the Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Wave Propagation RAS // UFN, 180, No. 5, 2010. - P. 554-560.

УДК 629.7

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОСМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ МОНИТОРИНГА ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ЯВЛЕНИЙ И ТЕХНОГЕННЫХ ОБЪЕКТОВ В ИНФРАКРАСНОМ ТЕПЛОВОМ ДИАПАЗОНЕ ПРИ УСТАНОВКЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ НА ПИЛОТИРУЕМОМ КОСМИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ

INVESTIGATION OF EFFICIENCY OF COSMIC METHODS OF MONITORING POTENTIALLY DANGEROUS NATURAL PHENOMENA AND TECHNOGENIC OBJECTS IN INFRARED THERMAL RANGE IN INSTALLING MEASURING REMOTE SENSING MEASURES ON A PILOTED SPACE COMPLEX

В.А. Меньшиков, В.В. Меньшиков, Чурсин О.Б.

Международная ассоциация участников Проекта "Международная аэрокосмическая система глобального мониторинга и прогнозирования"

V.A. Menshikov, V.V. Menshikov, O. Chursin.
International Association of Participants of the Project "International Aerospace System of Global Monitoring and Forecasting"

В докладе излагаются перспективы, цели и задачи использования Международной космической станции в интересах формирования общепланетарного информационного пространства безопасности.

The report outlines the prospects, goals and tasks of using the International Space Station in the interests of forming a global information security space.

Ключевые слова: Международная аэрокосмическая система глобального мониторинга, общепланетарное информационное пространство безопасности, природные и техногенные опасности и катастрофы, мониторинг.

Key words: International aerospace global monitoring system, global information security space, natural and technical hazards and catastrophes, monitoring.

В XXI веке количество опасных природных явлений и крупных техногенных катастроф на территории Российской Федерации ежегодно растет, при этом количество чрезвычайных ситуаций и погибших в них людей на протяжении последних лет в целом имеет тенденцию к снижению. Это говорит о высокой эффективности предупредительных мероприятий и мероприятий по ликвидации ЧС. Вместе с тем риски природных и техноген-

ных чрезвычайных ситуаций, возникающие в процессе глобального изменения климата, хозяйственной деятельности или в результате крупных техногенных аварий и катастроф, несут значительные угрозы населению и объектам национальной экономики.

Свыше 90 миллионов жителей России (а это более 60% населения страны) проживают в зонах возможного воздействия поражающих факторов при авариях на потенциально опасных объектах. В связи с усложнением процесса добычи углеводородов возрастает риск возникновения ЧС, обусловленных авариями, связанными с добычей, транспортировкой и переработкой нефтепродуктов, природного газа и угля. Значительную социальную напряженность в обществе вызывают ЧС, инициируемые авариями на объектах теплоснабжения и жилищно-коммунального хозяйства.

По-прежнему значительную угрозу для населения представляют сейсмические опасности, так как более 25% территории России с населением свыше 20 миллионов человек может подвергаться землетрясениям силой 7 баллов и выше.

Значительные риски ЧС обусловлены также глобальными изменениями климата, границ областей вечной мерзлоты и другими природными процессами.

Годовой экономический ущерб (прямой и косвенный) от ЧС различной природы составляет 1,5-2% валового внутреннего продукта страны (от 675 до 900 млрд. рублей). В регионах с малым бюджетом ЧС федерального и регионального масштаба могут существенно ограничивать их социально-экономическое развитие.

Сегодня поддержание высокого уровня национальной безопасности, включая безопасность населения и территорий в условиях проявления ЧС природного и техногенного характера, предусмотрено Концепцией долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года и требует реализации комплекса взаимоувязанных по ресурсам, срокам и этапам преобразований. При этом должна произойти смена приоритетов при защите населения, территорий и объектов инфраструктуры от опасностей и угроз различного характера – «...вместо культуры реагирования на чрезвычайные ситуации на первом месте должна быть культура предупреждения». Для этого утверждённой Федеральной целевой программой «Снижение рисков и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в Российской Федерации до 2015 года» предусмотрена реализация комплекса мер для создания системы независимой оценки рисков в области защиты населения и территорий от ЧС природного и техногенного характера, среди которых особенно актуальными представляются:

- совершенствование систем мониторинга и прогнозирования ЧС природного и техногенного характера;

- развитие инновационной информационно-телекоммуникационной инфраструктуры и ситуационного анализа рисков чрезвычайных ситуаций;

- разработка и реализация практических мер по повышению защищенности критически важных объектов;

- завершение создания межрегиональных и региональных центров управления в кризисных ситуациях.

В последние годы все большее значение при решении экологических проблем приобретает концепция мониторинга, подразумевающая регламентированный контроль изменения различных компонентов окружающей среды под влиянием многочисленных (в первую очередь техногенных) факторов.

Объекты с высоким расходом энергии (атомные и тепловые электростанции, системы городского и промышленного теплоснабжения, нефтегазовые промыслы, металлургические предприятия и т.п.), а также высокоэнергетические явления (землетрясения, вулканические извержения, природные пожары) являются потенциально опасными как с позиций непосредственной безопасности населения, так и с позиций загрязнения окружающей среды.

Все эти объекты и явления характеризуются повышенной теплоотдачей в окружающую среду и, следовательно, повышенной интенсивностью уходящего длинноволнового излучения. Это открывает возможность широкого применения методов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), использующих тепловой ИК-диапазон электромагнитных волн для мониторинга этих объектов. При этом наиболее эффективным при мониторинге потенциально опасных явлений и объектов является измерительное направление в методах ДЗЗ, позволяющее картографировать пространственное распределение различных физических характеристик объектов и явлений.

Высокая оперативность и эффективность контроля могут быть обеспечены за счет применения дистанционных методов исследований. Одним из элементов мониторинга среды обитания является тепловая инфракрасная аэрокосмическая съемка. Под инфракрасной съемкой понимают регистрацию электромагнитного излучения различных объектов в инфракрасной области спектра и преобразование его в видимое изображение. По принятой классификации ИК область спектра условно делится на 4 диапазона: ближний (0,76...3,0 мкм); средний (3,0...6,0 мкм); дальний (6,0...15,0 мкм) и очень далекий (более 15 мкм) [3].

Формирование изображения в ближнем диапазоне происходит в основном за счет отраженного солнечного излучения, поэтому для регистрации излучения здесь применяются те же методы, что и в видимом диапазоне. Излучение в очень далекой части инфракрасного спектра практически полностью поглощается атмосферой. Особый интерес представляет съемка в среднем и дальнем диапазонах инфракрасной области спектра. В указан-

ных диапазонах распространяется собственное излучение объектов земной поверхности, при этом интенсивность ИК излучения обусловлена их тепловым состоянием. Поэтому съемка называется тепловой инфракрасной, что наиболее полно отражает суть метода.

Изменение социально-экономической системы стран СНГ привело к общему износу оборудования на потенциально опасных металлургических и химических предприятиях, на объектах топливно-энергетического комплекса. В связи с этим прогнозируется возрастание частоты техногенных ЧС и катастроф. Одновременно с возрастанием антропогенной нагрузки на окружающую среду наблюдается глобальное потепление климата, что также повышает риск антропогенно-индуцированных природных катастроф.

Предотвращение и снижение ущербов от техногенных и природных катастроф требует их надежного прогнозирования и мониторинга последствий. Учитывая общую значительную территорию стран СНГ, экономически наиболее эффективно такое прогнозирование выполнять на основе широкого применения космических методов ДЗЗ. Как показывает опыт, наиболее эффективным при мониторинге потенциально опасных природных явлений и техногенных объектов являются измерительные аэрокосмические методы ДЗЗ, позволяющие картографировать пространственное распределение физических характеристик объектов.

Измерительное направление позволяет не только обнаружить, описать в терминах физических величин явление или объект и опознать его, но и оценить в вероятностной форме надежность таких заключений. Это дает возможность выполнить оценку экономических рисков, которая необходима для системы информационной поддержки принятия управленческих решений по предотвращению и минимизации последствий природных и техногенных ЧС и катастроф.

Потенциально опасные техногенные объекты и разрушительные природные явления характеризуются высоким расходом энергии, что в первую очередь проявляется в повышении их температуры. В связи с этим тепловой ИК диапазон спектра электромагнитных волн представляется одним из наиболее информативных при решении задач космического мониторинга таких объектов и явлений.

В настоящее время данные дистанционного зондирования в тепловом инфракрасном диапазоне находят применение в различных направлениях исследования Земли и мониторинга природно-антропогенных объектов.

Известны примеры использования снимков в тепловом ИК диапазоне для решения задач определения местоположения и состояния подземных тепловых сетей, съёмки линий электропередач, картографирования и диагностики состояния нефтяных и газопроводов, картографирования теплового загрязнения городов, контроля тепловых выбросов промышленных отходов.

Тепловая съёмка увеличивает возможности мониторинга водных объектов, особенно в черте города, выявления участков подтопления и заболачивания, контроля состояния сельскохозяйственных угодий, проведения мелиорации и ирригации.

Данные тепловой съёмки используются также для изучения породного состава лесов в глобальных исследованиях. Тепловой инфракрасный спектральный индекс (TISI) оценивается как надёжный индикатор состояния растительности.

Съёмки в тепловом диапазоне используются для изучения глобального круговорота воды, взаимодействия между аэрозолями и облаками, энергетического баланса и климата Земли. По этим данным возможно определение температуры морских льдов, снежно-ледового покрова моря и суши.

Космические снимки в тепловом ИК диапазоне постепенно находят своё применение практически во всех направлениях географических исследований, но интенсивность их использования и результативность применения в разных областях различны. Наиболее многочисленны примеры применения тепловой съёмки в разнообразных исследованиях поверхности Земли: температур суши и океана, геологических и экологических исследованиях.

Особый интерес представляет использование космической съёмки в тепловом ИК диапазоне для оперативного слежения за проявлениями неблагоприятных природных процессов и чрезвычайных ситуаций, таких как лесные и торфяные пожары, скрытое самовозгорание, вулканическая деятельность.

Однако всё вышесказанное в большей мере относится к зарубежным космическим средствам ДЗЗ. Опыт же решения перечисленных выше задач отечественными космическими средствами явно недостаточен, ввиду имевшегося до настоящего времени существенного отставания в разработке и внедрении соответствующей целевой аппаратуры космических аппаратов ДЗЗ, сопоставимой по своим характеристикам с зарубежными аналогами.

Сегодня данная ситуация постепенно меняется. В качестве примера можно отметить новое отечественное многозональное сканирующее устройство для получения тепловых изображений поверхности Земли из космоса – МСУ-ГС, неуступающее по своим характеристикам современным зарубежным аналогам. Однако данное устройство используется по своему прямому назначению (гидрометеорологическое обеспечение) на геостационарном метеоспутнике «Электро-Л». Сегодня возникла необходимость оснащать тепловизионными устройствами высокого пространственного разрешения (не хуже 100 м) и перспективные отечественные космические аппараты дистанционного зондирования. Аппараты данного класса традиционно функционируют на низких (как правило, солнечно-синхронных) околоземных орбитах. Оценить возможности использования в составе целевой аппаратуры низкоорбитальных КА ДЗЗ разрабатываемых отечественных средств наблюдения ново-

го поколения представляется целесообразным в условиях проведения космического эксперимента на борту российского сегмента МКС.

Уважаемые коллеги,

Заявка проведение в ближайшей перспективе следующего эксперимента на российском сегменте МКС включает в себя:

Полное наименование КЭ: «Исследование эффективности космических методов мониторинга потенциально опасных природных явлений и техногенных объектов в инфракрасном тепловом диапазоне при установке измерительных средств дистанционного зондирования на пилотируемом космическом комплексе».

Целью проведения эксперимента является совершенствование систем мониторинга и прогнозирования ЧС природного и техногенного характера по результатам исследования возможностей и эффективности дистанционного зондирования Земли из космоса с использованием измерительных методов в тепловом ИК диапазоне: дистанционной терморазведки (дистанционного геотермического метода), позволяющей исследовать термическое состояние и строение объектов на поверхности и в недрах Земли на основе измерения температуры, тепловых свойств и тепловых потоков, а также осуществлять дистанционное картирование вещественного состава пород и техногенных загрязнений окружающей среды.

Объекты исследований и задачи, решаемые в процессе проведения КЭ:

В процессе проведения космического эксперимента предполагается осуществлять мониторинг с использованием метода дистанционной терморазведки техногенных объектов с высоким расходом энергии (атомные и тепловые электростанции, системы городского и промышленного теплоснабжения, нефтегазовые промыслы, металлургические предприятия), а также высокоэнергетических природных явлений (землетрясения, вулканические извержения, лесные пожары).

Для достижения поставленной цели в процессе проведения КЭ предполагается решение следующих задач:

– отработка методических вопросов измерений из космоса с помощью радиометра инфракрасного высокого разрешения исходящего длинноволнового теплового ИК излучения точечных и распределенных объектов на подстилающей поверхности и в земных недрах, их анализа и тематической интерпретации;

– отработка методических вопросов, связанных с учётом влияния атмосферы (облачности) и растительного покрова на геометрические, радиометрические и температурные искажения получаемых данных;

– отработка методических вопросов, связанных с «внутренней» калибровкой регистрируемых сигналов, обеспечиваемой референсными источниками;

– исследование «окон прозрачности» атмосферы для инфракрасной тепловой части спектра в интересах выявления наиболее подходящих диапазонов для зондирования различных объектов и явлений: очагов возникновения природных пожаров (лесных, торфяных, степных), гидрогеологических объектов (подземных вод), горных пород, водных акваторий и внутренних водоёмов, почвы и др.;

– исследование излучательных способностей объектов по снимкам, полученным с использованием задействуемой научной аппаратуры, в зависимости от различного набора факторов, относящихся как к свойствам самих объектов, так и к особенностям получения данных (цвет, шероховатость поверхности, содержание влаги, спрессованность материала, пространственный охват и разрешение съёмки, длина волны, угол обзора);

– изучение возможности получения данных о гидрогеологической обстановке в регионах проявления неотектонической активности в районах размещения объектов атомной энергетики (в пределах крупных линеаментов, представляющих собой серии глубинных ко́ровых разломов);

– исследование возможности оценки характеристик поверхности, находящейся под снежным и ледяным покровами;

– исследование возможности выявления и изучения крупно- и среднемасштабных поверхностных загрязнений антропогенного происхождения.

Для постановки и проведения космического эксперимента предусмотрена следующая кооперация участников:

Ассоциация «МАКСМ» – заявитель и постановщик эксперимента (в части целевой интерпретации):

Решаемые задачи:

– программно-методическое обеспечение постановки и проведения космического эксперимента;

– обоснование направлений целевого применения разрабатываемой научной аппаратуры и способов оценки эффективности их реализации в условиях эксплуатации научной аппаратуры на борту пилотируемого космического комплекса – российского сегмента МКС;

– разработка научно-технического обоснования КЭ, программы подготовки и проведения КЭ;

– организация и координация работ с соисполнителями КЭ.

– анализ результатов КЭ и выпуск итогового отчета по результатам проведения КЭ.

АО «Российские космические системы»:

Решаемые задачи:

– разработка и изготовление научной аппаратуры «Радиометр инфракрасный высокого разрешения» (РИВР) для дистанционных измерений излучений наблюдаемых объектов в среднем и дальнем ИК диапазонах

спектра;

– проведение комплекса наземных испытаний технологического образца РИВР;

– обеспечение учебно-тренировочной работы с экипажами МКС и отработки в условиях моделированной невесомости операций по монтажу (демонтажу) РИВР в процессе внекорабельной деятельности;

– участие в проведении летных испытаний радиометра.

Научно-исследовательский институт геологических и геоэкологических проблем (НИИГиГЭП, г. Чебоксары):

Решаемые задачи:

– термометрическое дешифрирование и геологическая интерпретация данных космических тепловизионных съёмок, построение объёмной модели геотермического поля по разработанным алгоритмам тепловизионной томографии.

Разработчиком и изготовителем радиометра РИВР является АО «Российские космические системы».

РИВР предназначен для получения с орбиты функционирования российского сегмента Международной космической станции (РС МКС) – $H_{ОРБ}$=400…430 км – спектрозональных изображений поверхности Земли и облачного покрова для решения гидрометеорологических и природоресурсных задач, а также для мониторинга тепловых аномалий естественного и техногенного характера.

РИВР включает в свой состав:

- оптико-электронный блок (ОЭБ);
- блок управления радиометром (БУР).

ОЭБ предназначен для оптико-механического сканирования поверхности Земли с использованием ИК фотоприёмников излучения многоэлементного фотоприёмного устройства (МФПУ) и выполняется из функционально законченных блоков и узлов, собранных в общем корпусе, посредством которого ОЭБ крепится на внешней поверхности многоцелевого лабораторного модуля (МЛМ) РС МКС.

ОЭБ должен устанавливаться вне гермоотсека (ГО) МЛМ. На внешней поверхности ГО МЛМ имеется 9 универсальных рабочих мест наружных (УРМ-Н) для установки НА – УРМ-Н1÷УРМ-Н9. Исходя из необходимости осуществления космической съёмки в тепловом ИК диапазоне с ориентацией оси визирования ОЭБ в надир, для его установки могут быть задействованы 5 из 9-ти УРМ-Н: УРМ-Н1, УРМ-Н3, УРМ-Н5, УРМ-Н6 или УРМ-Н8, позволяющие обеспечить необходимую ориентацию ОЭБ. Конкретное место установки ОЭБ определяется ОАО РКК «Энергия» по результатам эскизного проектирования РИВР.

Сканирование осуществляется справа налево относительно направления полета МКС (от оси «–Y» прибора к оси «+Y»).

При эксплуатации ОЭБ контроль чувствительности ИК фотоприёмников МФПУ должен проводиться с использованием эталонных источников излучения. Нестабильность эталонных источников излучения не должна превышать 0,1 К. В ходе проведения КЭ калибровка по эталонным источникам должна осуществляться в начале и конце сеанса.

Блок управления радиометром предназначен для управления и сопряжения ОЭБ с бортовыми системами МЛМ РС МКС.

БУР размещается внутри ГО МЛМ.

Конструкция РИВР позволяет обеспечить его установку на МКС и снятие с МКС вручную.

Основные ориентировочные характеристики радиометра РИВР при его функционировании в составе РС МКС представлены в таблице на слайде 10.

Здесь необходимо обратить внимание на характеристики, выделенные цветовой гаммой и характеризующие разрабатываемую научную аппаратуру как передовой образец в ряду международных аналогов.

Для гарантированного получения прогнозируемых результатов космического эксперимента предлагаются следующие методы регистрации результатов КЭ и оценки полноты выполнения его задач:

1) Выбор и предобработка космоснимков теплового ИК диапазона, включая:

- выбор цифровых космоснимков по показателям аппаратурных помех, атмосферных помех, гелиопомех и временных вариаций, пространственного позиционирования.

- предобработку выбранных снимков (устранение аппаратурных шумов; подавление влияния атмосферы, природного ландшафта, степных и лесных пожаров, техногенных объектов; улучшение качества сцены; сшивка).

Достижимые результаты предобработки: экспертная оценка пригодности космических снимков для термодинамического дешифрирования, конкретизация задач и параметров термометрического дешифрирования.

2) Термометрическое дешифрирование данных космических тепловизионных съёмок (так называемых TIR изображений), включая:

- пространственные преобразования (калиброванные и очищенные числовые TIR изображения преобразовываются путём пространственно-частотной фильтрации из пространства 2D в 3D – в объёмный числовой массив термометрических значений; создание атласов карт изотерм и градиентов по сериям вертикальных разрезов и латеральных срезов);

- тематическую сегментацию пространственных слоёв 3D геотермического поля; визуализацию структурных и текстурных особенностей аномального теплового поля; формальную неконтролируемую классификацию

элементов теплового поля; картографирование индикаторов).

3) Геологическая интерпретация данных TIR изображений, включая:

- идентификацию на основе топологических признаков, выявленных в результате термометрического дешифрирования.

По результатам геологической интерпретации данных осуществляется принятие решений (качественный анализ геотермических признаков искомых объектов, объединение их с априорными данными; полуколичественная оценка геотермических признаков для отнесения объекта к тому или иному классу в рамках тематической легенды; создание геологической модели, иллюстрирующей природу аномалий геотермического поля).

Для включения КЭ «Мониторинг-РИВР» в Долгосрочную программу научно-прикладных исследований и экспериментов на российском сегменте МКС до 2020 года сегодня требуется выполнение следующего комплекса первоочередных мероприятий:

- одобрение предложений по результатам их рассмотрения на секции № 3 КНТС; принятие соответствующего решения КНТС;
- согласование и утверждение Технического задания на космический эксперимент;
- проведение исследований в интересах формирования программно-методического обеспечения бортовой реализации КЭ, совершенствования методического аппарата проведения измерений из космоса теплового ИК излучения точечных и распределенных объектов на подстилающей поверхности и в земных недрах, анализа и тематической интерпретации результатов измерений (2016-2017 гг.);
- разработка и изготовление научной аппаратуры, планируемой к использованию в ходе проведения КЭ; проведение комплекса наземных испытаний технологического образца НА (2016-2017 гг.);
- разработка, согласование и утверждение Программы подготовки и проведения эксперимента.

Библиографический список

[1] Меньшиков В.А., Перминов А.Н., Урличич Ю.М. Глобальные проблемы человечества и космос. - М.: Изд-во МАКД, 2010. - 570 с. [2] Кузнецов В.Д. Космические исследования Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн РАН//УФН, т. 180, № 5, 2010. - С. 554-560.

Bibliography

[1] Menshikov VA, Perminov AN, Urlichich Yu.M. Global problems of mankind and space. - Moscow: Publishing house MACD, 2010. - 570 p. [2] Kuznetsov V.D. Space studies of the Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Wave Propagation RAS // UFN, 180, No. 5, 2010. - P. 554-560.

УДК.621: 624: 614.7

ПРАКТИКА НОРМАЛИЗАЦИИ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ (ГМП) В ПОМЕЩЕНИЯХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

[1]Ломаев Г.В., [2]Рябов Ю.Г., [3]Мурашова Д.С., [4]Мышкин Ю.В.

[1]Д.т.н., проф. Ижевского государственного технического университета (ИжГТУ), Ижевск, LomaevGV1@mail.ru
[2]К.т.н., с.н.с. Москва, riabovug@mail.ru
[3]Инженер ИРЗ ТЕСТ, г. Ижевск, dkuleshova@gmail.com
[4]Старший преподаватель ФГБОУ ВО ИжГТУ, mubm@yandex.ru

Аннотация. На этапах строительства двух зданий выявлены основные причины и установлены механизмы ослаблений и искажений в помещениях геомагнитного поля (ГМП), вызванные применяемой арматурой, выполненной из магнитотвердых и магнитомягких сортов стали. В помещениях, которые не соответствовали основным (нормам СанПиН) и дополнительным требованиям, ГМП было восстановлено путем применения технологии размагничивания с использованием специальных электромагнитов. Рассматривается, защищенная патентом, технология восстановления ослабленного ГМП в экранированном помещении с использованием компенсирующих элементов.

Ключевые слова: геомагнитное поле, строительная арматура, магнитопатогенные зоны, нормирование магнитного поля, технология компенсирующих вставок, технология размагничивания

Введение

Одним из природных факторов, обеспечивающих жизнедеятельность человека в среде обитания, является геомагнитное поле (ГМП) Земли [1]. В качестве номинальных естественных показателей обычно используют критерии вектора напряженности ГМП, действующего в окружающей среде свободного пространства данного региона, к условиям которого организм человека адаптирован, и функции его жизнедеятельности по фактору ГМП реализуются привычным образом. Критерии показателей ГМП «хорошей погоды» в открытом пространстве региона считаются комфортными условиями [1, 2].

В районе г. Ижевска комфортные критерии вектора магнитного (МП) поля Земли составляют: модуль $|H_0|$ = 43,5 А/м (54,7 мкТл), склонение D = 45° и наклонение I_0 = 3°. В Москве: $|H_0|$ = 41,5 А/м (52,1 мкТл), D = 10°, I_0 = 7°. В Курске: $|H_0|$ = 60 А/м (75,4 мкТл).

В среде открытого пространства, например в сельской местности, ГМП равномерное. При неподвижном положении человека в равномерном

МП и в МП с небольшим градиентом, ЭДС в теле практически не возникает. Однако, при перемещении человека в высокоградиентном МП силы Лоренца вызывают в теле ЭДС, которая создает соизмеримые с токами организма неупорядоченные токи, нарушая естественное функционирование организма. В техногенной среде тело человека практически всегда находится в градиентных физических полях, воздействие которых на его организм в известной мере блокирует (защищает) сохраняемое в среде обитания ГМП, соответствующее природным показателям.

Поэтому, целью настоящей работы является возможность ознакомить архитекторов, инженеров и строителей с результатами наших исследований: механизмов ослабления и искажения зон (магнитопатогенных) ГМП в помещениях зданий и сооружений; отработанную на практике технологию восстановления фактора ГМП до безопасных и комфортных условий на рабочих местах и в жилых помещениях. [3–5]

В среде помещений современных домов, выполненных по каркасно-монолитным технологиям, показатели ГМП ослабляются и искажаются. Появляются опасные градиенты ГМП, зависящие от эффективности экранирования и уровня намагниченности элементов металлоконструкций. Условия в среде помещений становятся дискомфортными из-за ослаблений (искажений) ГМП открытого пространства, к которым организм человека был адаптирован. Градиентом G МП называют изменение величины его напряженности H от точки к точке. Градиент G определяют как отношение разности между измеренными значениями H напряженности в точках – ΔH к расстоянию h между этими точками:

$$G = \frac{H_1 - H_2}{h} \text{ [А/м}^2\text{]}. \quad (1)$$

Градиент МП по индукции B определяют как:

$$G = \frac{B_1 - B_2}{h} \text{ [мкТл/м]}. \quad (2)$$

Длительное воздействие ослабленного ГМП на человека вызывает: напряжение адаптационных резервов организма, перестройку биологических ритмов, снижение иммунной защиты, появление сердечнососудистых заболеваний, нарушение деятельности гормональной, пищеварительной и репродуктивной систем. Проявляются и другие негативные реакции с адаптационно-компенсаторными и даже стрессорными явлениями, при которых в первую очередь страдают нервная и иммунная системы [5–6].

В РФ из-за ангажированной позиции Роспотребнадзора нормативные показатели ГМП до сих пор не включены в СНиПы. Строители в помещениях сооружений этот природный фактор игнорируют, несмотря на то, что уже в 2002 г. был введен ГОСТ Р 51724-01 [1], а с 2003 г. действуют санитарные нормы ГМП – СанПиН 2.2.4.1191-03 на рабочие места. Сегодня по законам РФ и требованиям нормативных документов (НД) охраны труда работода-

тель может, но не обязан обеспечить рабочее место Исполнителя по фактору ГМП в соответствии с нормативом, несмотря на высокие риски потери прибыли из-за снижения работоспособности и заболеваний Исполнителей.

В жилых помещениях СанПиН 2.1.8/2.1.4.2489-09 допускает ослабление ГМП до 50 %. А стандарт SBM-2008 [2], который является руководящим документом при независимом тестировании домов в Европе, США, Канаде, Австралии, допускает ослабление ГМП не более, чем на 10 %, обеспечивая (техническими решениями) комфортные условия проживания в жилых зданиях.

1.Показателей ГМП на рабочих местах и в среде обитания

В настоящее время основными НД, действующими в РФ и регламентирующими пребывание людей в условиях гипогеомагнитного поля (ГГМП), являются: ГОСТ Р 51724-2001 (методы контроля и калибровки) [1], СанПиН 2.2.4.3359-16 (производственные условия) и СанПиН 2.1.8/2.1.4.2489-09 (жилые условия). Но эти нормы также не обеспечиваются техническими решениями и технологиями в СНиПах.

Оценка и нормирование уровня ГМП определяется коэффициентом ослабления $K_0^{\text{ГМП}}$, согласно отношения измеренных напряженностей (табл.1):

$$K_0^{\text{КМП}} = \frac{|H_0|}{|H_{\text{в}}|}, \qquad (3)$$

где (по ГОСТ Р 51724): $|H_0|$ – модуль вектора ГМП в открытом пространстве; $|H_{\text{в}}|$ – модуль вектора ГМП в контрольной точке внутри помещения.

Таблица1. Предельно допустимые уровни (ПДУ) ослабления ГМП.

ПДУ ослабления ГМП по формуле (3)			
Рабочие места – СанПиН 2.2.4.3359-16 (Приложение 11)		Жилые помещения – СанПиН 2.1.4.2489-09 (п. 3.4)	Жилые помещения – Стандарт SBM-2008 (ЕС)
≤ 2часов за смену	≥2 часов за смену	24 часа	24 часа
≤4	≤2	≤1,5	≤1,1

Дополнительными биофизическими критериями МП в помещениях, на рабочих местах и в среде обитания, которые необходимо контролировать, чтобы обеспечить безопасные и комфортные условия жизнедеятельности и активного долголетия человека, являются следующие показатели, которые были включены в 1-ю редакцию ГОСТ Р 51724-2001:

1. Градиент напряженности МП: формула (1) [А/м^2] – *регламенти-*

руемый; где H_1, H_2, и h – результаты измерений максимального МП в контрольных точках 1 и 2 на расстоянии h в метрах между ними. Например, H_1 – у головы человека высотой h = 1,8 м, а H_2 – у стопы ног.

2. Наклонение I_0 > 180° – *регламентируемое;* склонение D = 0–360° – *справочное.*

Таблица 2. Некоторые результаты контроля снижения ГМП в помещениях [3–4]

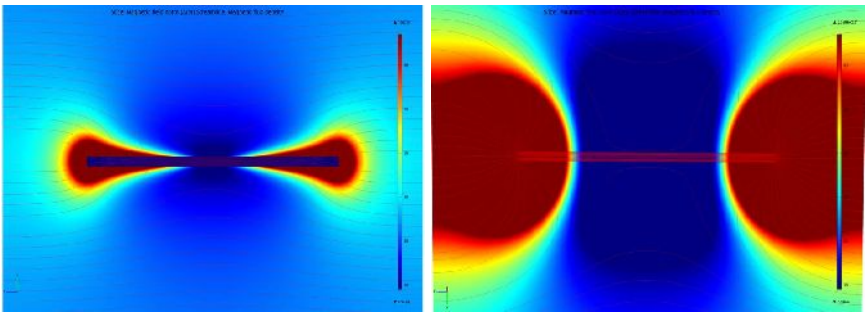
Объект контроля	Ослабления ГМП по формуле (3)
Помещения в деревянных домах	1,05-1,1
Помещения в железобетонных домах: по каркасной технологии; по монолитной технологии; производственных	 1,15–1,4 (1,9) 1,3–1,8 (2,3) 1,2–2,0 (2,5)
Торговые павильоны	2,0–2,5
Помещения в метро	1,8–8
Вагон метро	1,3–2,0
Вагон трамвая и автобуса	1,3–1,8
Экранированные помещения, эхокамеры	5–12
Кабины легковых автомашин	1,3–2,5
Каюты морских судов	8–10
Зоны в квартирах домов монолитной технологии	4 и более раз

По результатам 20-летних работ контроля и обеспечения ГМП в сооружениях и технических средствах было отмечено, что пребывание людей в условиях повышенных ($|H_0|$ = 40–80 А/м) ГМП более комфортно, чем в нормальных условиях $|H_0|$ ГМП – меньшая склонность ко сну при воздействии внешних факторов: шума, вибраций, электромагнитных полей (ЭМП). Замечено повышение жизнедеятельности человека.

По умолчанию принято считать, что если индукция квазиравномерного МП в среде пребывания человека составляет 50–100 мкТл повышена до 2-х раз (измерение МП около головы человека) относительно индукции B_0 открытого пространства, а градиент магнитного поля [мкТл/м], рассчитываемый по формуле (2), где B_1 – голова, B_2 – стопы ног, не превышает 1,5 раза (по стандарту SBM-2008 – не более 1,1 раза) и наклонение I_0 вектора $H_в$ находится в нижней полусфере пространства, то такое поле не является магнитопатогенным (дискомфортным) [1, 3, 6].

2.Механизмы образования магнитопатогенных зон в помещении

В конструкции промышленных и жилых зданий используют каркасы из магнитомягкой (низкий уровень собственной намагниченности) стальной арматуры и других профилей, которые по сравнению с воздушной средой имеют низкое сопротивление магнитному полю из-за высокой относительной магнитной проницаемости $\mu_r > 300$. В результате равномерное магнитное поле Земли частично втягивается, концентрируется в сечениях стальных профилей (см. результат моделирования рис. 1а). В среде помещений магнитное поле ослабляется и искажается, становится градиентным. Моделирование полей осуществлялось численными методами с использованием программной среды COMSOL Multiphysics [3, 5, 8].



а б

Рис. 1. Численный расчет топологии магнитного поля: для прутка стали с $\mu_r = 500$ (а); для намагниченности $|J| = 80000$ А/м

В конструкции зданий и сооружений используют упрочненные профили из магнитотвердой (в основном легированной) стали, которые имеют высокий уровень собственной намагниченности $|J|$ с напряженностью более чем на порядок превышающие уровни ГМП (см. рис. 1б). Поэтому, поля намагниченности магнитотвердых профилей в конструкции здания часто определяют уровни наклонения и градиента магнитного поля в помещениях.

Эти поля могут компенсировать и искажать ГМП, ослабление которого $K_0^{ГМП}$ может не соответствовать ПДУ СанПиН. Магнитное поле в пространстве помещения становится градиентным. Изменяется наклонение вектора ГМП. По нашим наблюдениям реакции человека на внешние воздействия существенно снижаются, после его перемещения в условиях измененного на 180° склонения вектора ГМП (как в Южном полушарии), пока его организм восстанавливается, адаптируясь к новым условиям. Однако, некоторые субъекты в период адаптации (1–5 дней) отмечали у себя повышение жизнедеятельности с последующим спадом [2, 5].

Магнитопатогенные зоны, не соответствующие нормативным и дополнительным критериям, образуются в пространствах, экранированных магни-

томягкой сталью, а также на рабочих местах вблизи больших ферромагнитных конструкций, около батарей отопления, металлических шкафов, предметов, выполненных из магнитотвердой стали: столы и сидения на рабочих местах, матрацы с пружинами из закаленной стали, металлические кровати и др.

Полезные рекомендации по результатам исследований нормализации ГМП в каркасно-монолитных жилых домах на этапе проектирования и подготовки строительства приведены в ряде работ, выполненные на Украине, под руководством д.т.н., чл.-корр. НАН Украины Розова В.Ю. с соавторами [7].

3.Результаты исследований причин отклонений нормативных показателей ГМП в двух сооружениях на этапах строительства и сдачи объектов

В качестве объектов обследования были выбраны возводимые по каркасной технологии сооружения, начальный этап монтажа которых приведён на рисунке 2. Натурные измерения проводились на всех этапах строительства и сдачи готовых объектов. На строительных площадках обследовались бухты арматуры (вязанки) в состоянии заводской упаковки. Измерялись МП вблизи пилонов и арматурных сеток пола-потолка. На этапе сдачи дома измерялись МП внутри помещений квартир. Измерения выполнялись магнитометром ИГМП-3к, калибровка которого перед каждой серией измерений проводилась по методике, описанной в [11]. Погрешность измерений напряженности ГМП не превышала ±15%.

а б

Рис. 2. Подлежащие контролю сооружения на стадии монтажа металлоконструкций: а) здание жилого дома; б) здание торгового павильона.

В процессе входного контроля строительных металлоконструкций было обнаружено, что нагартованные прокатом магнитожесткая (холоднокатаная сталь) поверхности прутков арматуры имели высокую собственную намагниченность. Оказалось, что причиной дополнительной намагниченности является технология вагонной погрузки-разгрузки вязанок арма-

туры, все перемещения которых выполняются мощными электромагнитами. Прутки арматуры намагничиваются до насыщения при захвате вязанки и после погрузки остаются намагниченными.

Несмотря на то, что остаточная намагниченность в горячекатаных стальных профилях меньше, уже в состоянии строительных конструкций также обнаруживаются зоны ослабленного ГМП в помещениях, где коэффициент $K_0^{\text{ГМП}}$ превышает ПДУ или на пределе допустимого. По-видимому, профили намагничиваются в процессе технологий монтажа металлоконструкций: сварка, обработка электроинструментом, хранение профилей вблизи силовых кабелей электроснабжения, когда по ним протекают постоянные токи или переменные токи, содержащие четные гармоники.

При тестировании помещений квартир и сооружений, возведенных по каркасной технологии, были зарегистрированы зоны ГМП на пределе ПДУ $K_0^{\text{ГМП}} \sim 2$, $|H_в| = 20–25$ А/м, и зоны, где регистрировались повышенные, более $|H_0| = 43{,}5$ А/м, значения ГМП $|H_в| = 55–60$ А/м. На этапе сдачи объекта в жилом доме из 50-ти обследованных квартир в 38 из них были обнаружены зоны на пределе ПДУ ($K_0^{\text{ГМП}} \geq 1{,}5$) и не соответствующие норме ПДУ (28 из них) ГМП, большинство из которых были расположены на северной стороне здания. В торговом сооружении из 15-ти обследованных помещений было обнаружено 7 зон не соответствующих ПДУ ($K_0^{\text{ГМП}} \geq 2$).

В жилом доме было восстановлено ГМП до нормы $K_0^{\text{ГМП}} \sim 1{,}1$ в 19-ти помещениях (из 28-и не соответствующих ПДУ или на пределе). В торговом сооружении – были восстановлены только 2-е зоны. Восстановления проблемных зон и помещений выполнялись согласно стратегии и технологиям обеспечения комфортных условий по фактору ГМП, разработанным нами ранее.

4.Технология компенсирующих вставок

Технология (метод) восстановления ГМП на рабочих местах разработана для экранированных помещений и камер, помещений, в которых конструкции выполнены из магнитомягкой стали [8–10]. Восстановление ГМП может быть выполнено и в жилых помещениях, путем монтажа на стене полоски магнитотвердой стали длиной 0,3–0,5 м, шириной 20–50 мм и толщиной 2–4 мм под слоем обоев или гипсокартона.

Реализация метода достигается путем:

1. Проведения контроля в защищаемом пространстве основных и дополнительных показателей ГМП, используя магнитометр [11], смартфон, в котором установлена программа «Умные инструменты» (компас).

2. Разработки плана размещения элементов (вставок), компенсирующих ослабление ГМП по результатам контроля.

3. Подготовки компенсирующих элементов в виде ферромагнитных полос (или труб), выполненных из магнитотвердой стали (например, типа Ех3 или Ех5к5) с коэрцитивной силой не менее H_c ³ 1–5 кА/м.

4. Размещения в зоне ослабленного МП компенсирующих элементов,

выполненных в форме фигур « └», «┐ » или другого вида [7–9].

5. Перемещая эти элементов на периферии рабочего места, одновременно контролируя магнитометром суперпозицию вектора напряженности $H_{ГМП}$ и угол наклонения I_0, добиваются получения в объеме защищаемого пространства необходимые показатели вектора ГМП: $H_{ГМП}$ ($K_0^{ГМП}$), угол наклонения I_0 и градиент G.

Компенсирующие элементы устанавливают на выполненные, например, из дерева, пары вертикальных диэлектрических стоек, имеющих возможность передвижения по полу помещения. В северном полушарии Земли вектор J собственной намагниченности направляют вниз к полу.

На рис. 3 показано расположение компенсирующих элементов в экранированном боксе для защищаемого пространства одного рабочего места. При необходимости расширения площади восстановления ГМП в защищаемом пространстве размещают вторую и третью пару компенсирующих элементов.

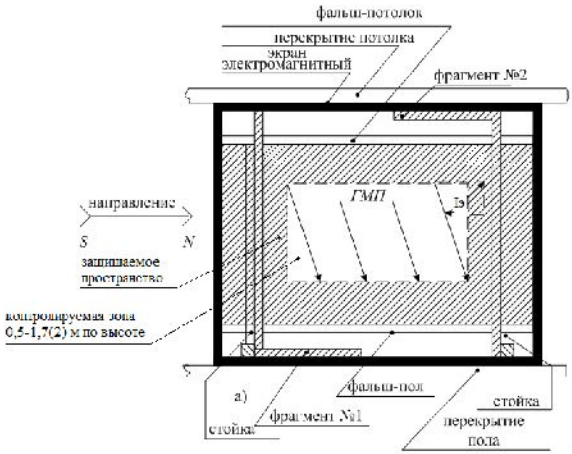


Рис. 3. Расположение парных стоек с компенсирующими МП элементами в экранированном боксе для рабочего места

В локальных местах защищаемого пространства, местах искажений ГМП на конструкционных частях рабочего места укрепляют короткую полосу магнитотвердой стали (H_c ³ 5кА/м), восстанавливая или даже увеличивая показатели $H_{ГМП}$. Например, таким путем удается восстановить необходимые параметры $H_{ГМП}$ в ногах и спине водителя транспортного средства, чтобы снизить риск склонности к засыпанию за рулем при внешних воздействующих факторах, сопутствующих движению: равномерный шум, вибрации, укачивание и др. факторах, нагружающие адаптационные резервы его организма.

Известны примеры локального восстановления малых объемов зон, с ослабленным ГМП и неприемлемом значении градиента МП, длительно дей-

ствующие на тело человека, например, с помощью магнитов закрепляемых на металлических элементах. По отзывам некоторых водителей автомобилей, установка компенсирующих магнитов на педали, полосы магнитотвердой стали за креслом, снижало дискомфортные явления: утомляемость и засыпание [9].

5.Технология размагничивания

Технология размагничивания используется, когда в помещении обнаруживаются зоны, в которых МП искажено намагниченной арматурой. Такие зоны появляются в результате применения: магнитотвердых (магнитожестких) материалов, некорректного монтажа арматуры, когда их намагниченность J ослабляет, усиливает или изменяет наклонение вектора МП на 180° и т.д.

Технология намагничивания используется в зонах ослабленного МП, образованных: металлоконструкциями, выполненными из магнитомягких сортов стали; арматурой, перемагниченной при монтаже. Технология намагничивания может быть использована для восстановления ослабленного ГМП на рабочем месте экранированного помещения. Тогда вместо стоек, показанных на рис. 4, устанавливают стальные трубы или профили, которые дозированно намагничивают до соответствия уровням нормативных показателей $K_0^{\text{ГМП}}$.

Рис. 4. Макетный образец электромагнита для размагничивания стальной арматуры

На рис. 4 показан макетный образец переносного электромагнита с автономным питанием и питанием от сети, который был использован для размагничивания стальной арматуры при проведении работ по тестированию и восстановлению ГМП в зданиях (рис. 2). Процесс размагничивания металлоконструкций и прутков арматуры помещений в построенном здании выполняется бесконтактным путем через бетонную стенку, оперативно, за считанное время, включая время контрольных операций (мониторинг, тестирование).

Заключение (выводы по результатам работы)

По результатам исследований технологии восстановления геомагнитного поля в помещениях зданий и сооружений можно сделать следую-

щие выводы.

1. Сохранение основных и дополнительных показателей природного фактора ГМП на рабочих местах и в среде обитания должно быть непреложным условием на всех этапах проектирования, строительства и эксплуатации зданий и сооружений.

2. На этапе проектировании, когда расположение здания на местности регламентировано, то сохранение ГМП в помещениях может быть обеспечено путем изменений ориентирования помещений в здании или в НД включены меры по восстановлению ГМП, используя приведенные технологии компенсации и размагничивания арматуры в возведенных стенах здания.

3. В технологиях этапов строительства здания (сооружения), чтобы снизить появление ослабленных зон ГМП в уже построенных помещениях, необходим оперативный контроль намагниченности металлоконструкций (особенно арматуры) на стадиях: поставки металла, перевозки, хранения и монтажа.

4. Инструментальное и метрологическое обеспечение выполнения приведенных технологий восстановления ГМП – отдельные темы, включающие инструкции:

4.1. Определение поляризации стержня и грубая оценка намагниченности арматуры, используя магнитометр, калиброванный компас, смартфон и др.

4.2. Определение поляризации арматуры (металлоконструкций) и оценка их намагниченности в составе вязанки, пучка и отдельных прутков, используя штатные магнитометры типа ИГМП-3к, МТМ-01, или магнитометр смартфона (в программе «Умные инструменты»), калиброванный методом сличения со штатным магнитометром или по магнитному полю Земли [10].

4.3. Калибровка и периодическая поверка средств контроля магнитного поля производится по ГОСТ Р 51724-01 или магнитному полю Земли [11].

Библиографический список

1. ГОСТ Р 51724-01 «Экранированные объекты, помещения, технические средства. Поле гипогеомагнитное. Методы измерений и оценки соответствия уровней полей техническим требованиям и гигиеническим нормативам». С.12.

2. Standard of Building Biology Testing Methods: SBM-2008 – [Acting from July 2008]. – Germany: Institut für Baubiologie + Ökologie IBN, 2008. – 5 p. (www.createhealthyhomes.com/SBM-2008.pdf).

3. Lomaev, G.V., Ryabov, Yu.G., Kuleshova, D.S., Kamalova, Yu.B. / Local pathogenig geomagnetic zones in urbanized environment // Report theses of 10-th European Conference on Non-Destructive Testing (Moscow, 7–11 June 2010). – Pp. 210–212.

4. Рябов Ю.Г., Ломаев Г.В. и др. «Совместимость технических средств и человека по фактору гипогеомагнитного поля». Технологии ЭМС. №2(5), 2003. – С.49-56.

5. Рябов Ю.Г., Ломаев Г.В., Кулешова Д.С. Концепция восстановле-

ния геомагнитного поля в экранированных объектах // Технологии ЭМС. №4(35), 2010. – С. 35-43.

6. Походзей Л.В. Гипогеомагнитные условия как неблагоприятный фактор производственной среды : автореф. дис. … д-ра мед. наук / Походзей Л.В. ; ГУ НИИ медицины труда РАМН. – М., 2004. – 44 с. : ил. – Библиогр.: 35 назв.

7. Розов В.Ю., Завальный А.В., Золотов С.М., Грецких С.В.. Методы нормализации статического геомагнитного поля в жилых домах. ISSN 2074-272X. Електротехніка і Електромеханіка. 2015. №2. С. 35–40.

8. Ломаев Г.В., Кулешова Д.С., Рябов Ю.Г., Мышкин Ю.В., Орбан Й. Магнтопатогенные зоны в строительных сооружениях [Текст] : Сб. статей / Под ред. проф. Ломаева Г.В. Магнитные явления. Вып.4 – Ижевск: Изд-во ИжГТУ, 2012. – С. 109–123.

9. Рябов Ю., Яковлев Г., Ломаев Г., Яшин А., Билецкий С. Погода в доме // Охрана труда и социальное страхование, №4, 2014. С. 60–70.

10. Устройство восстановления геомагнитного поля помещения. Патент №103656 от 26.07. 2010 - на полезную модель. Авторы: Вахитов Р.Н., Ломаев Г.В., Рябов Ю.Г. RU.

11. Ломаев Г.В., Каримова Г.В. Оперативный метод калибровки магнитометров // Технологии ЭМС, №4, 2006, с. 54–62.

NORMALIZATION OF THE GEOMAGNETIC FIELD PRACTICE (GMP) IN THE PREMISES OF BUILDINGS AND STRUCTURES

[1]Lomaev G.V., [2]Ryabov Yu. G., [3]Murashova D.S., [4]Myshkin Yu. V.

[1]*DTN, Prof. Izhevsk State Technical University, Izhevsk, Russia;* [2]*KTN,* ***SRS,*** *Moscow, Russia;* [3] *Engineer IRZ TEST, Izhevsk, Russia;* [4]*Senior Lecturer FGBOU VO Izhevsk State Technical University, Izhevsk, Russia.*
E-mail: [1]LomaevGV1*@mail. ru*; [2]riabovug*@mail.ru;* [3]*dkuleshova@gmail.com;* [4]*mubm@yandex.ru.*

Annotation. The main causes at the construction stages of the two buildings were identified and the mechanisms of attenuation and distortion in the geomagnetic field (GMF) in premises were detected caused by the used reinforcement made of magnetically hard and soft magnetic grades of steel. In premises, that did not comply with the basic (SanRaR norms [SanPiN], Sanitary rules and regulations) and additional requirements, the GMF was restored using demagnetization technology using special electromagnets. The restoration technique of a weakened GMF in a shielded premise using compensating elements is considered protected by the patent.

Key words: geomagnetic field, reinforcement, magneto patogenic zones, rationing of magnetic field, compensating insert technique, demagnetization technique.

УДК.621.31:613.5:537.63

МЕХАНИЗМ ВИХРЕВОЙ ЭДС, ИНДУЦИРУЕМЫЙ ВРАЩАЮЩИМСЯ МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ В ОКРУЖАЮЩИХ ТЕЛАХ

[1]Рябов Ю.Г., [2]Ломаев Г.В.

[1] к.т.н., с.н.с., Москва, riabovug@mail.ru, +7(917)549-6003,
[2] д.т.н., проф., ИжГТУ «Ижевский государственной университет»,
426069, Ижевск, LomaevGV1@mail.ru.+7(963)026-7907.

Аннотации. Представлен наглядный механизм возбуждения ЭДС, индуктируемой вращающимся электромагнитным полем (ЭМП) промышленной частоты (ПЧ), действующим на человека на рабочих местах и в среде обитания, показатели которых не отражены в СанПиН 2.2.4.3359-16 и СанПиН 2.1.2.2801-10. Ввиду неопределенности тестирования, рекомендуемые стандартом SBM-2008 допустимые в жилых помещениях индукции ЭМП, снижены до комфортных уровней. Показана эффективная конструкция многослойного экрана, применяемая для экранирования вращающихся ЭМП ПЧ трансформаторных подстанций.

Ключевые слова: электромагнитные поля, пульсирующие, вращающиеся, нормы, механизмы ЭДС, многослойный экран.

Рассматривается физический механизм возбуждения (без математизирования) в окружающей среде ЭДС, порождаемой индукцией узкополосного вращающегося магнитного поля (ВМП), индуктируемого, например, трехфазным источником электроснабжения от расположенных симметрично по кругу проводников или катушек с равными линейными токами, путем силового разделения зарядов. Во многих литературных источниках по вращающимся электромагнитным полям (ВЭМП) механизмы возбуждения ЭДС от воздействия ВМП не детализировались.

По мере внедрения структур трехфазного электроснабжения на рабочие места и в среду обитания интерес к механизмам ВЭМП ежегодно возрастает в связи с потерей здоровья и летальными исходами людей, которые не защищены и длительно подвергаются воздействиям таких полей. В натурных условиях самыми распространенными, еще недостаточно изученными по опасности воздействий на человека и технические средства, являются индукции источников ВМП ПЧ. Наиболее опасными, даже при малой дозе воздействия, являются левосторонние ВМП [1].

В отличии от воздействий, регламентированных стандартами ЭМС и СанПиН 2.2.4.3359-16 индукций пульсирующих, линейно поляризованных магнитных и электрических полей (ЛП МП и ЭП), индуктируемых однофазными электросетями промышленной частоты (ПЧ) 50Гц, более жесткими воз-

действиями на человека и технические средства являются именно ВЭМП ПЧ – магнитные и электрические поля (ВМП и ВЭП), порождающие вихревые ЭДС, токи от которых возникают в окружающих телах. Индукции ВЭМП в стандартах ЭМС и СанПиН не нормируют и ЭДС не контролируют [1,2].

Источники США сообщают, что риск раковых заболеваний в 13 раз повышен у рабочих-электриков, чья профессиональная деятельность связана с работой в условиях воздействий индукций 60Гц от трехфазного оборудования, по сравнению с персоналом, подвергающимся воздействиям только пульсирующих полей-индукций токов от однофазных источников [3]. По результатам наших расследований фактов летальных исходов людей, проживавших над неэкранированной трансформаторной подстанцией (ТП) или рабочие места которых были расположены над раскладкой кабелей 0,4кВ, индукции ВМП ПЧ составляли (2-5)А/м [4].

Приведенный в СанПиН 2.2.4.3359-16 (п.7.2.4) предельно допустимый уровень (ПДУ) воздействий на тело человека-профессионала индукции синусоидального, узкополосного 50±2Гц ЭМП составляет 80А/м и 5,0 кВ/м. Максимальные ПДУ<1600А/м и <25кВ/м. Для проживающих в жилых помещениях ПДУ<4(8)А/м и <0,5кВ/м - (СанПиН 2.1.2.2801-10). Гармоники и ВЭМП, индуктируемые электросетями, санитарные НД не нормируют и не контролируют, а люди облучаются.

Учитывая отсутствие нормирования ВЭМП ПЧ, индукции гармоник тока в электросетях, многозначность условий тестирования Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) рекомендует в каждой стране внедрять предупредительный принцип защиты, где допустимый уровень воздействий на население – индукции пульсирующих МП ПЧ не более 0,2мкТл (0,16А/м) [5].

В зарубежных регламентах производственной безопасности «Директиве 2013/35/ЕС» от 26.07.2013 воздействия фактора вихревого (в том числе) ЭП на человека уже регламентируют, декларируя:

1.«Последствия для здоровья ПДУ для внутреннего ЭП являются пространственные пиковые значения во всем теле обнаженного субъекта» (прил.II,табл. А-2). Для 50Гц ЭП≤1,1В/м.

2.«Сенсорные эффекты ПДУ для внутреннего ЭП являются пространственные пиковые значения в голове субъекта» (прил.II,табл. А-3). Для 50Гц ЭП≤0,14В/м. «Сенсорные эффекты ПДУ (прил.II,табл. А-3) связаны с эффектами воздействия ЭП на ЦНС в голове, т.е. фосфены сетчатки глаза и незначительные переходящие изменения в некоторых функциях мозга» [6].

Разработанный в Европе стандарт SBM (Standard of Building Biology Testing Methods), седьмая редакция которого - SBM-2008, сегодня является руководящим документом при независимом тестировании физических и экологических факторов жилых помещений домов в Европе, США, Канаде, Австралии. Основной принцип стандарта – сохранение естественных физических условий в помещениях «спальных мест» и снижение порога биологического действия техногенных воздействий до комфортных усло-

вий, где ПДУ напряженности ЭП и МП диапазона частоты 50Гц составляют <1,0В/м и <0,016А/м [7], вместо 500В/м и 4А/м по СанПиН.

1. Механизмы воздействий пульсирующих и вращающихся МП и ЭП ПЧ на окружающие тела.

Пульсирующими называют МП и ЭП, индуктируемые проводами, катушками, по которым протекает гармонический переменный или изменяющийся постоянный ток. Пульсирующими МП и ЭП являются линейно поляризованные поля (ЛП) ПЧ, индуктируемые оборудованием и электросетями однофазного электроснабжения. ЛП МП и ЭП ПЧ являются частным случаем индукций вращающихся МП (ВМП) и ЭП (ВЭП) ПЧ.

Результаты исследований воздействий вращающихся электрических полей (ВЭП) на живые организмы достаточно редки [8]. В технических средствах ВЭП надежно блокируют, используя защитные меры: заземлений, экранирования, симметрирования электросетей, гальванической развязки и т.п.

В общем случае под ВМП понимается МП, вектор (условно) магнитной индукции **B** которого вращается в пространстве с постоянной или переменной угловой скоростью, изменяясь по модулю и по направлению. Частный случай – круговая траектория поля. Магнитное поле, как известно, в пространстве не движется, а изменяется по модулю и направлению.

Принцип создания ВЭМП (и ВМП и ВЭП) заключается в том, что если по системе неподвижных проводников, распределенных в пространстве равномерно по окружности, протекают гармонические токи, сдвинутые по фазе на один и тот же угол, то в пространстве создается круговое поле, где амплитуда индукции ВЭМП и скорость вращения будут постоянными. Если проводники в пространстве распределены неравномерно, или углы сдвига фаз будут разные, то траектория плоскости вращающегося МП будет эллиптической. Если окружность с проводниками развернуть на плоскость, то с помощью подобной системы можно получить «бегущее» МП. Подобно «бегущим огням» иллюминации.

На рис.1 и рис.2 представлено векторное изображение изменения первичных полей индукции МП (вектор **B**) и индукции ЭП (вектор **E**), которые создают (возбуждают) в пространстве (в теле) соответственно вихревые ЭП и МП. Использование вектора для изображения МП и вихревого ЭП условно. Вектор определяется по направлению и модулю только в точке - проведенной касательной к силовой линии вихревых ЭП или МП.

Воздействие постоянного МП индукцией **B** не вызывает в теле токи. Изменение индукции $\Delta\mathbf{B}$ магнитного потока индуцирует круговое ЭП напряженностью **En –** рис.1. Это вихревое ЭП вызывает в том же направлении (круговом) вихревой ток (обозначим – **E**). В свою очередь, каждая линия вихревого тока **E** создает вокруг себя поперечное МП индукции $\mathbf{B_1}$ и $\mathbf{B_2}$ такого направления, чтобы согласно правилу Ленца противодействовать изменению магнитного потока **B**, индуцирующего эти вихревые токи – рис.2.

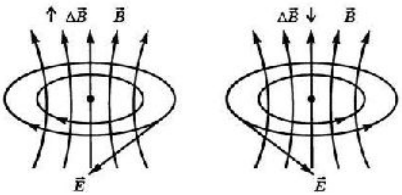


Рис.1. Индуцирование ЭП изменяющимся **B.** Левый повышение **B** - Δ**B**/dt > 0, правый – снижение **B** - Δ**B**/dt<0 – порождающие разное направление вектора напряженности E (тока) [9].

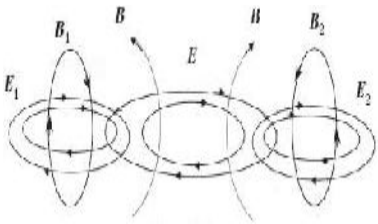


Рис. 2. Механизм индуцирования вихревым током **E** (порожденного ЭП) индукции **B**, возбуждающей ЭП $\mathbf{E_1}$ и $\mathbf{E_2}$, вызывающие токи, которые создают вихревые МП - индукции $\mathbf{B_1}$ и $\mathbf{B_2}$ и т.д. [10].

Величина вихревых токов тем больше, чем быстрее меняется индукция ΔB магнитного потока. В отличие от электрического тока в проводах, текущего по точно определённым путям, вихревые токи замыкаются непосредственно в проводящих ток телах, образуя вихреобразные контуры - рис.1 и рис.3. Эти контуры тока, созданные воздействием напряженности **En** (n - 1, 2, 3...) вихревого (замкнутого) индуцированного ЭП (ИЭП), взаимодействуют с породившим их изменением Δ**B**/dt индукции **B** МП магнитным потоком **B,** и наоборот, в любой точке пространства (проводящего и диэлектрического тела), где имеется переменное МП. Знак индукции ΔB/dt и, соответственно, направление напряженности **En** (тока) вихревого ИЭП в пространстве (в теле) будут изменяться каждую четверть периода первичного тока синусоидальной формы.

Если частота первичного тока (напряжения) 50Гц, то индуцированный электрическим полем **E** ток в теле будет пульсировать с частотой 100Гц. Мгновенные значения напряженности **E** ИЭП**,** действующего в теле, и амплитуды наведенного индукционного тока пропорциональны скорости изменения ΔB/dt, а не величине индукции B магнитного потока, при условии отсутствия относительного перемещения источника первичного тока и тела.

2. Механизм возбуждения ЭДС вращающимся магнитным полем

На рис.3 показаны траектории вихревого ВМП в моменты уменьшения индукции **B** (dB/dt<0), возбуждающей в пространстве ИЭП **E** данного направления [11].

На рис.4 представлена наглядная (гиперболизированная) схема механизма индуцирования вихревого ИЭП напряженностью **E**, вращающимся с угловой скоростью w =2pf ВМП в моменты уменьшения индукции **B**

(dB/dt<0), где f – основная частота колебаний (вращения) синусоидального МП (без гармоник). Воздействия ВМП и ИЭП в окружающем пространстве (среде) разделяют закрученные поляризованные заряды **n-** и **n+**, вызывая между ними разность потенциалов - ЭДС, которая создает ток I_1. Ток I_1, протекающий в том же с ЭДС направлении, индуктирует МП индукцией $\mathbf{B_1}$

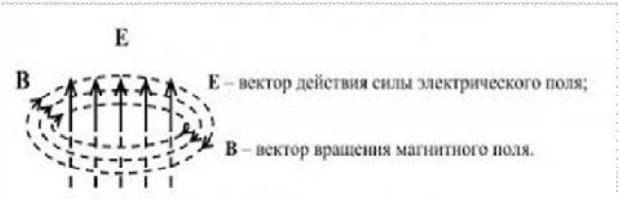


Рис.3. Траектории вихревого ВМП [11].

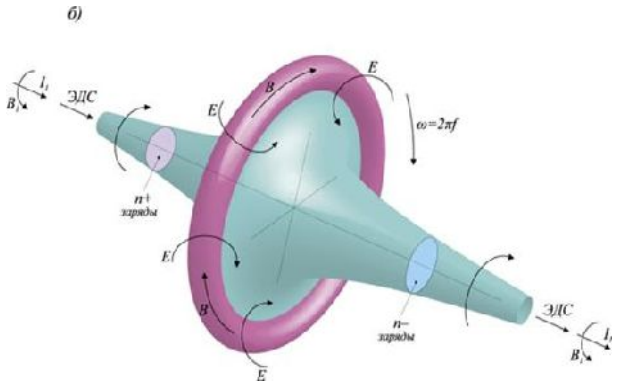


Рис.4. Наглядная схема возбуждения ЭДС в пространстве (в теле) вращающимся МП. Траектории: тор – вращающееся МП индукцией **B**; эллипсы - раскрученные заряды **n-** и **n+**.

На рис.4 фигура тора – граничная траектория ВМП индукции **B**. Воронки – граничные траектории закрученных (вращающихся) заряженных частиц **n-**и **n+**(электроны, ионы) под действием сил центростремительного ускорения и воздействием ИЭП. Эллипсы – места сбора (уплотнения) зарядов **n-** и **n+**. Вектор $\mathbf{B_1}$ индукции ВМП (поперечный к оси ЭДС) будет закручивать содержащиеся в среде отрицательные и положительные заряженные частицы различной подвижности, которые под действием сил центростремительного ускорения будут двигаться (собираться) к центру плоскости вращения ВМП.

Подобный процесс происходит при размешивании жидкости чая, когда раскрученные частички чая с одинаковым направлением вращения (спином)

собираются в центре чашки. В нашем случае на заряженные частицы в теле (в среде), в основном будут действовать силы ВМП индукции **B** и вихревое электрическое поле **E**, воздействующие на полевую оболочку (ауру) взаимодействия электрических зарядов разных поляризаций (спинов), имеющих высокую подвижность (рис.3 и рис.4), а не только механические моменты силы.

Частицы с одинаковым спином вращения притягиваются друг к другу, с противоположным спином отталкиваются друг от друга. Частицы с одинаковым знаком заряда в статике отталкиваются, при движении – притягиваются. Полагаем, что подобные слипания заряженных частиц (аэрозолей) наблюдаются в атмосфере в виде светящихся образований.

Воздействия поперечной индукции **B** на движущиеся ионы, несущие заряд разных знаков (разных спинов индукций), согласно правилу Лоренца вызовет их отклонение (перемещение) по разную сторону плоскости вращения ВМП (рис.5 и рис.4) и их закручивание вокруг своих осей в зависимости от их массы и заряда. Непрерывное размножение заряженных частиц происходит за счет перемещения раскрученных магнитными силами нейтральных частиц среды в ИЭП при их ускорении или торможении в МП.

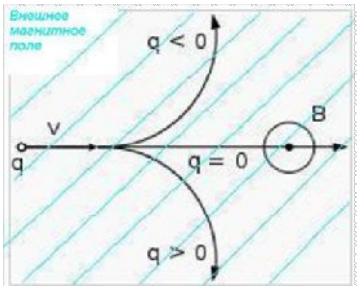


Рис.5. Отклонение зарядов **q** разных знаков, которые влетают со скоростью **v** в поперечное магнитное поле индукции **B** [12].

Изменение индукции **B** (ΔB/dt) пульсирующего МП или ВМП вызывает в любой точке пространства или проводящего тела вихревое ИЭП, обозначенное на рис.1 - рис.4 как **E**. Воздействие вихревого ИЭП на раскрученные заряды в плоскости ВМП (рис.4) создает дополнительную центростремительную силу, повышающую скорость вращения зарядов, стягивая заряды к оси вращения, и действующую по направлению вектора **E** силу**,** выталкивающую вращающиеся заряды наружу от плоскости ВМП в пространство среды. Именно ИЭП действует на заряженные частицы **n-** и **n+**, двигающиеся во ВМП, и ускоряет их. В результате, внешние конфигурации траекторий вращающихся зарядов обоих знаков становятся конусновогнутыми - по форме воронки.

Наибольшая плотность зарядов **n-** и **n+ (**и соответственно высокие

потенциалы) образуется в местах расположения «хоботков» воронок рис.4. Места уплотнения зарядов **n-** и **n+** становятся как бы «клеммами» виртуальной электрической батареи, между которыми создается небольшое пространство, обедненное носителями зарядов. Как в случае двойного электрического слоя в электростатике, КМОП переходах. Между «клеммами» действует напряжение и в среде может протекать ток проводимости или ток смещения в зависимости от проводящих и диэлектрических показателей материала тела (среды).

При замыкании «клемм», возникающий ток I_1 индуктирует в окружающее пространство (в тело) магнитное поле $\mathbf{B_1}$, направление которого по правилу Ленца действует навстречу направлению ВМП (см. рис.4), что подтверждает достоверность представленного на рис.4 механизма и модели возникновения (создания) действующей в теле ЭДС от воздействия ВМП. Повышение величины тока I_1, увеличивает индукцию $\mathbf{B_1}$ МП, которая противодействует противоположно направленной индукции **B** тора первичной энергии ВМП. Процесс противодействия продолжается до установления динамического баланса энергии ВМП и энергии тока I_1. Как в асинхронном электродвигателе. Подобные явления вихревых ЭДС встречаются в природе в виде атмосферных торнадо.

Отличия воздействий ЛП МП и ВМП ПЧ на тело заключается, в том числе, в разных результатах индуцирования и формирования ИЭП–ЭДС. В 1-ом случае воздействия определяются по механизмам закона Фарадея, во 2-ом – и Фарадея и Лоренца. Для ЛП МП через каждый полупериод в момент изменения направления синусоидального тока 50Гц, индуктируемое МП тоже меняет свое направление на 180°, индуцируя (по правилу Ленца) **короткий импульс** вихревого ИЭП (ЭДС) противоположной изменению направления $\Delta B/dt$. Для ВМП воздействие ИЭП – ЭДС на тело **происходит в течение всего периода** вращения МП - в идеальном случае – по механизму рис.4.

Таким образом, при одних и тех же токах, индуктирующих в теле МП либо воздействия ВМП, в части вихревых ИЭП, дйствующие в течение всего периода ЭДС энергетически более опасны, чем воздействия ЛП МП ПЧ. Действующие в массиве проводящего тела показатели ЭДС можно рассматривать как источник тока, создающий токи проводимости и момент силы (электродвигатели, сепараторы, индукционные нагреватели). Действующие ЭДС в массиве диэлектрического тела – как источник напряжения, создающий токи смещения, уровни которых пропорциональны скорости изменения ИЭП.

3. Особенности экранирования ВЭМП ПЧ

Механизмы экранирования ВЭМП отличаются от экранирования ЛП ЭМП [13,14]. Внутри пространства экрана, например, однослойного, предназначенного для экранирования внешнего ЛП МП, воздействие на экран внешнего ВЭМП, вызовет в самом экране поперечную ЭДС, которая на внутренней стороне листа экрана создаст большой ток, а падение на-

пряжения от которого в защищаемых помещениях, кабинах, будет создавать напряженность ЭП, возбуждая паразитные токи во внешних покровах кабелей, в цепях заземлений электронных устройств, в теле присутствующего там человека. Как правило, все объемные электромагнитные экраны выполняют из анизотропных материалов (листов). Падающее на экран ВЭМП (условно) имеет две составляющих: вертикальную и горизонтальную, а ЛП ЭМП воздействует только в одном направлении.

Один из способов экранирования ВЭМП заключается в блокировании составляющих индукций интенсивных ВМП вертикального направления, например, в преобразовании его в квази ЛП МП при проходе ВМП через ячейки (соты) проводящей решетки (по типу запредельного волновода), с одновременным снижением его интенсивности последующим тонким стальным листом. Подобный механизм реализован в конструкциях многослойных электромагнитных экранов (МЭЭ), используемых для защиты встроенных и пристроенных в здание трансформаторных подстанций (ТП) сооруженных в Москве, Моск. обл., Самаре [13,14]. (См.рис.6).

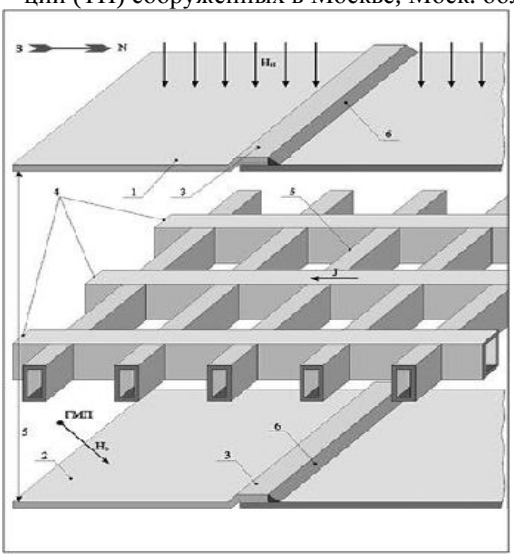


Рис.6. Конструкция многослойного электромагнитного экрана (МЭЭ) [13]:

1,2. Стальной лист типа 2011-2012 (изготовления НЛМК).

3. Пример нахлеста боковых и торцевых соединений стальных листов при их монтаже.

4. Направляющие трубы 40×80мм (и более) и перемычки между ними. Вектор намагниченности **J** направляют навстречу ГМП для снижения в примыкающем стальном слое анизотропии МП, вызванной парамагнитными швами сварки.

5. Обязательный зазор между листами (между слоями).

6.Непрерывный сварочный шов (соединяет все боковые и торцевые нахлесты). Боковые швы располагают поперек направления вектора ГМП.

Монтаж конструкции МЭЭ выполняют на любой стройке.

В конструкции МЭЭ для экранирования ВМП ПЧ, индуктируемых объектами больших объемов типа ТП ПЧ, используют прямоугольные трубы и листы рулонной (1–1,5)м электротехнической изотропной холоднокатаной стали толщиной (1–1,5)мм. Эффективность экранирования ВМП ПЧ однослойным стальным листом мала - составляет 2-3 раза. Использование

для экранирования второго стального листа без зазора увеличивает эффективность всего лишь на (15 – 20)%. С воздушным зазором ≥0,1м (классический экран Фарадея) эффективность экранирования ВМП ПЧ двухслойным листовым экраном существенно возрастает [13,14].

Заключение

1. Разделение (смещение) зарядов вращающимся магнитным полем является механизмом, который порождает (возбуждает) ЭДС в проводящем или диэлектрическом теле.

2. Показано, что энергетические и структурные свойства ВЭМП - ЭДС по воздействию на тела и среды являются более опасными, чем воздействия пульсирующих, линейно поляризованных полей МП и ЭП.

3. Из натурных результатов исследований известно, что более опасными, чем правовращающиеся ЭМП, воздействиями на биообъекты и растения являются левовращающиеся ЭМП, но механизм их свойств пока не определен [1].

4. В условиях воздействий на человека ВЭМП на рабочих местах или в среде обитания нормирование ЭП и МП ПДУ ПЧ по фактору линейно поляризованного поля, регламентированного СанПиН 2.2.4.3359-16 и СанПиН 2.1.2.2801-10, научно не обосновано [2].

5. В условиях неопределенности нормирования и тестирования электромагнитного фона в жилых помещениях в стандарте SBM-2008 определены критерии снижения порога биологического действия техногенных воздействий до комфортных условий.

6. Приведенный механизм возбуждения ЭДС, порождаемой индукцией ВМП, будет полезен в работах: защиты здоровья людей в условиях техно сферы, создания исходных данных средств контроля ВЭМП, разработки экранирующих конструкций, оценки поражающих свойств ВЭМП на разных частотах, обеспечения ЭМС технических средств, охраны труда, регламентаций производственной и публичной санитарной безопасности.

Библиографический список

1. Архипов М.Э., Куротченко Л.В., Новиков А.С., Субботина Т.И., Хадарцев А.А., Яшин А.А. Воздействие право- и левовращающихся электромагнитных полей на биообъекты: физические модели и эксперимент. Под. ред. д.м.н., проф. Т.И. Субботиной и заслуженного деятеля науки РФ, д.б.н., д.т.н., проф. А.А. Яшина. ГУП НИИ новых медицинских технологий. Москва–Тверь–Тула. ООО «Изд. «Триада». 2007. – 200 с.

2. Ю. Рябов, Г. Яковлев, Г. Ломаев, А. Яшин, С. Билецкий. «Погода в доме». М.: «Охрана труда и социальное страхование» №4, 2014. С.60 -70.

3. Броудер Поль. Магнитные поля - угроза здоровью//«Мир ПК». – 1990.- Вып.5, с.87-94.

4. Рябов Ю.Г., Андреев Ю.В. Сохранение здоровья и работоспособности персонала современных производственных рабочих мест и населе-

ния путем обеспечения комфортных электромагнитных условий в среде обитания человека. М.: «Технологии ЭМС» №1, 2002г., с.3-5.

5. Electromagnetic Fields and Public Health. Extremely Low Frequency Field sand Cancer. Fact Sheet no/ 263 – Geneva: WHO, 2001 – 14c.

6. ДИРЕКТИВА 2013/35 / ЕС ЕВРОПЕЙСКОГО ПАРЛАМЕНТА И СОВЕТА от 26 июня 2013. «Минимальные требования для здоровья и безопасности в отношении воздействия на работников к рискам, связанным с физическими агентами (электромагнитные поля)».

7. Standard of Building Biology Testing Methods: SBM-2008 – [Acting from July 2008]. – Germany: Institut für Baubiologie + Ökologie IBN, 2008. – 5 p. (www.createhealthyhomes.com/SBM-2008.pdf).

8. Белкин А.Д. « Структурно-функциональные изменения в организме при действии техногенных вращающихся переменных полей и механизм их возникновения». Диссертация на соискание учёной степени доктора биологических наук. Новосибирский медицинский институт, 1999г.

9. https://www.youtube.com/watch?v=D7bUZ568_fY (accessed 01.02. 2017).

10.http://fiz.1september.ru/view_article.php?ID=200902307 (accessed 01.02. 2017).

11. http://blagin-anton.livejournal.com/38121.html (accessed 01.02. 2017).

12. http://samlib.ru/img/l/lemeshko_a_w/al/wi.jpg (accessed 01.02. 2017).

13. Многослойный электромагнитный экран. Патенты: № 2381601 от 10.02.2010г. на изобретение; №852627 от 27.07.2009г. на полезную модель. Авторы: Рябов Ю.Г., Гуров И.Б. RU.

14.Рябов Ю.Г., Гуров И.Б. Экранирование встроенных трансформаторных подстанций. М.: «Технологии ЭМС» №3(50), 2014г. С.21-28.

MECHANISM OF VORTEX EMF, INDUCED BY A ROTATING MAGNETIC FIELD IN THE SURROUNDING BODIES

[1]Ryabov Y.G, [2]Lomaev G.V.

[1] k.t.n., s.n.s., **Moscow,Россия,** *« riabovug @ mail . ru . +7 (917) 549-6003»*

[2] d.t.n., prof., **" Izhevsk State University, 426069, Izhevsk, Россия,**

« LomaevGV 1 @ mail . ru . +7 (963) 026-7907»

Annotations. Presented a Visual trigger mechanism Electromotive force, induction rotating electromagnetic field (EMF) of industrial frequency (IF) operating on a human in the workplace and Wednesday, which were not reflected in SanPiN 2.2.4.3359-16 and SanPiN 2.1.2.2801-10. In view of the uncertainty testing featured standard SBM-2008 valid in a residential induction EMF, reduced to comfortable levels. Shows the effective design of multilayer screen used for shielding rotating EMF IF transformer substations.

Keywords: electromagnetic field, pulsating, rotating, norms, mechanisms of Electromotive force, multilayer screen.

УДК 621.389:624:614.7.8

КОНЦЕПЦИЯ И СОДЕРЖАНИЕ ПРОЕКТА СТАНДАРТА ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНЫХ И КОМФОРТНЫХ УСЛОВИЙ ФИЗИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В ИСКУССТВЕННОЙ СРЕДЕ ОБИТАНИЯ

[1]Рябов Ю.Г. , [2]Трубицын А.В., [3]Ломаев Г.В.

[1]riabovug@mail.ru, Москва, Россия. [2] Московский государственный технический университет МИРЭА, trubitcyn@mirea.ru, Москва, Россия.
[3] Ижевский государственный технический университет ИжГТУ, LomaevGV1@mail.ru, Ижевск, Россия.

Аннотация. Приводится содержание проекта стандарта (*материалы 1-ой редакции проекта*) с комментариями к основным разделам: Предварительный национальный стандарт российской федерации. ПНСТ 1 – 20017. NEQ (*по* ГОСТ Р 1.5-2012). *Зеленый стандарт – добровольного применения*. Жилые здания, помещения, места отдыха. Комфортные, допустимые и безопасные условия физических факторов в искусственной среде обитания. *Рекомендуемые показатели и критерии, методы оценки и обеспечения соответствия условиям*. Приведены некоторые работы авторов, подтверждающие их компетенцию.

Ключевые слова: стандарт, условия проживания, природные – техногенные факторы, безопасность, комфортность, самоконтроль, технологии, комментарии.

В настоящем стандарте (*создается впервые*) будут приведены показатели и рекомендуемые критерии природных, техногенных физических факторов (и загрязнений атмосферы среды обитания), которые определяют комфортные, допустимые и безопасные («зеленые») условия жизнеобеспечения человека в искусственной среде обитания, в том числе: в помещениях жилых зданий городского и коттеджного типов, местах отдыха, транспорта, рабочих местах.

Настоящий стандарт рекомендует на местах длительного пребывания людей устанавливать и поддерживать показатели и критерии физических и экологических факторов, соответствующие комфортным, допустимым и безопасным условиям, которые могут быть обеспечены применением: рекомендуемыми техническими решениями, технологиями восстановления, методами самоконтроля на этапах проектирования, строительства и эксплуатации зданий, рабочих мест и др.

Настоящий стандарт по отдельным показателям и критериям природных и техногенных физических факторов в искусственной среде обитания будет гармонизирован **(**NEQ- для стандарта, неэквивалентного между-

народному стандарту) со стандартом SBM-2008 (Standard of Building Biology Testing Methods), который сегодня является руководящим документом при независимом тестировании жилых помещений домов в Европе, США, Канаде, Австралии [1].

В настоящем стандарте, в отличие от показателей стандарта SBM-2008 и методов контроля физических факторов условий проживания, приведенных в СанПиНах РФ, методах Директивы 2013/35 /ЕС [2], будет приведены рекомендации по созданию комфортных, допустимых и безопасных условий с учетом предупредительных рекомендаций ВОЗ [3] и технической достижимости, которые будет понятны и приемлемы для Инвесторов, Исполнителей и Пользователей [4 - 6], включающие:

1. Технические решения **(**строительные, коммуникационные, энергетические).

2. Технологии нормализации отклонений критериев (восстановления) природных и минимизации техногенных показателей по результатам контроля условий среды обитания.

3. Методы и средства тотального контроля соответствия критериям условий физических и экологических факторов среды обитания самим Пользователем [4-9].

Построение и состав настоящего стандарта будет соответствовать требованиями ГОСТ Р 1.5-2012 «Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные. Правила построения, изложения, оформления и обозначения (с Поправкой, с Изменениями 2016г.)».

Настоящий стандарт по отдельным разделам общих положений, терминов и определений, обозначений и сокращений будет гармонизирован с «Межгосударственным стандартом ГОСТ 12.0.003 - 2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» - с некоторыми отклонениями.

КОММЕНТАРИИ. *Например, вместо размытых, юридических понятий ГОСТ 12.0.003 - 2015 - «благоприятная или неблагоприятная среда» - в настоящем стандарте используются применяемые в практике понятия – «комфортная и дискомфортная среда», которые определяются и качественно и количественно, поскольку Российское законодательство не определяет понятие благоприятная окружающая среда. В требованиях многих НД, в частности Техрегламента Таможенного союза « О безопасности средств индивидуальной защиты» в показателях эффективности уже используют не только защитные характеристики, но и показатели комфорта (эргономические параметры), надежности, природные и техногенные факторы и др.*

КОММЕНТАРИИ. *Понятия «комфортная среда» упоминается практически во всех «зеленых» (ЕС, США и др.) стандартах, которые для среды обитания декларируют комфортные условия физических факторов (природные, техногенные и экологические), обеспечивающие качество*

жизни и активное долголетие человека. Например, SBM-2008 (7-ая редакция) стандарт ЕС для «спальных мест» определяет критерии показателей комфортных условий и граничные критерии потенциально опасных условий физических факторов.

К сожалению, первый «зеленый», рейтинговый Национальный стандарт РФ ГОСТ Р ГОСТ Р 54964-2012 «Оценка соответствия. Экологические требования к объектам недвижимости» регламентирует физические факторы безопасности, ссылаясь на СанПиНы, где приведены ретроспективные, дискомфортные (для жилых помещений) нормы безопасности, многие из которых не соответствуют натурным, действующим сегодня условиям в среде обитания.

Некоторые первопричины взрывов бытового газа, пожаров, электропоражений людей мотивированы научно необоснованными нормами электромагнитной безопасности, регламентированными СанПиН 2.2.4.2801-2010 для условий проживания: воздействиями источников промышленной частоты (ПЧ) и электростатических разрядов. Такие нормы «позволяют» строителям в РФ много лет сохранять в жилых зданиях, коттеджах опасную несимметричную систему электроснабжения типа TN (с заземленной нейтралью - п.7.1.13 ПУЭ - сети TN-S и TN-C-S), нарушения в которых (по выступлениям Шойгу С.К. как Министра МЧС) являются причиной каждого 3-го пожара, взрыва в ЖКХ [6].

Значения ПДУ и критерии, приведенные в SBM-2008 в 100 – 1000 раз жестче (меньше по допустимым уровням), чем дискомфортные, «научно» обоснованные нормы, которые много лет регламентируют ФГБНУ «НИИ медицины труда» РАМН для жилых помещений всей России. Ведь условия «безопасности» и «комфорта» различны по понятиям, показателям и критериям. Вот почему люди жалуются на дискомфортные условия после длительного пребывания на современных кухнях, спальных местах, местах отдыха и рабочих местах. Например, по СанПиН 2.1.2.2801-2010 ПДУ фона индукции электрического поля 50Гц в жилом помещении - до 500В/м, а по SBM-2008 – до 1,0 В/м, измеряемая (у головы) относительно заземления, и до 0,3В/м измеряемая на уровни головы в свободном пространстве.

К тому же, биологическая опасность для живых организмов зависят от степени соответствия комфортным условиям природных факторов, соответствия невосприимчивости организмов к интенсивности, дозы, структуры и комплекса техногенных воздействующих электромагнитных и других физических факторов, которые сегодня никто не контролирует ввиду отсутствия обобщенного документа комфортных и безопасных условий для среды обитания в России.

1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Настоящий стандарт будет применяться на этапах проектирования, строительства, реконструкции и эксплуатации жилых зданий городского и

коттеджного типов, помещений, мест отдыха, рабочих мест и т. д – всех мест, используемых для длительного пребывания человека.

Стандарт будет рекомендовать (устанавливать) показатели и критерии отдельных природных (соответствующих «хорошей погоде») и техногенных физических и экологических факторов, которые определяют комфортные, допустимые и безопасные («зеленые») условия (в том числе) жизнеобеспечения человека в искусственной среде обитания, отклонения от которых должны идентифицироваться и минимизироваться мероприятиями по восстановлению (нормализации) потенциальных факторов до естественных.

Основным назначением, целью стандарта является обеспечение в искусственной среде обитания безопасных условий физических и экологических факторов, сохранение здоровья, жизнедеятельности и активного долголетия людей (населения - Пользователей среды), путем создание условий, которые будут соответствовать: естественным показателям («хорошей погоды»), комфортному фону техногенных воздействий и минимальному уровню загрязнений среды.

В стандарте будут приведены рекомендации по снижению риска нарушений допустимых условий (защите) среды обитания от внешних воздействующих факторов естественного (молнии, магнитные бури, излучения, искажении полей и т.д) и искусственного происхождения (взрывы газа в домах, пожары электроизделий, электропоражения людей, дискомфортные условия, создаваемые градиентами полей, аварии, вызванные отказами и деградациями уязвимых элементов технических средств и т.д.).

В настоящем стандарте будут приведены рекомендуемые для Исполнителя технические решения и технологии восстановления, внедрение которых в практику строительства снижают риск (устраняют) развитие в среде обитания потенциально опасных факторов, обеспечивая комфортные, допустимые и безопасные условия жизнеобеспечения. Оценку соответствия показателей в местах пребывания будет выполнять сам Пользователь путем самоконтроля рекомендуемых критериев природных, техногенных и экологических факторов, используя индивидуальные регистраторы – индикаторы (ИРИ) или коммуникаторы. Пользователь – субъект, заинтересованный в сохранении своего здоровье и здоровья окружающих, обеспечения условий безопасности в среде обитания [5,6,7].

КОММЕНТАРИИ. *Известно, что каждая работа выигрывает от максимально возможной степени самоконтроля. Такие принципы известны из теории сложных систем, согласно которым сложные явления и структуры в наилучшей степени организуются снизу вверх. По метрологическому обеспечению приборы ИРИ относятся к средствам неразрушающего контроля и не подлежат государственной поверке: Федеральный закон от 26.06.2008 N 102-ФЗ (ред. от 23.06.2014) "Об обеспечении единства измерений", ст.1.23.*

КОММЕНТАРИИ. *В настоящем стандарте будут приведены недо-*

пустимые и дискомфортные модификации сопутствующих энергетических и искаженных природных факторов, которые могут негативно воздействовать на здоровье и жизнедеятельность человека, создавать в искусственной среде обитания потенциально электро-искра-взрыва-пожарные условия. Будут использованы результаты, приведенные в литературных источниках и опытные факты многолетней практики расследований причин аварий, летальных исходов и нарушений здоровья людей на рабочих местах и в жилых помещениях [4,6,7-11].

В искусственной среде обитания недопустимо длительные воздействия на человека следующих сопутствующих модификаций техногенных и искаженных природных факторов, на которые до сих пор нет государственных регламентов (перечня факторов, требований, норм, методов и средств контроля) [6]:

- вращающихся магнитных и электрических полей (особенно левосторонних), индуктируемых трехфазными электросетями промышленной частоты (ПЧ) [4,10,11];

- поляризации в среде обитания вектора электростатического поля, обратного вектору электрического поля Земли «хорошей погоды» [10];

- поляризации в среде обитания вектора постоянного магнитного поля, обратного вектору геомагнитного поля открытого пространства [7];

- градиентов электрических и магнитных полей квазистатических полей высоких уровней;

-широкополосных и узкополосных модулированных электромагнитных полей радиочастот, СВЧ (в том числе электромагнитных импульсов) и др.

КОММЕНТАРИИ. *Высокий риск летальных исходов, поражений здоровья и проявлений спонтанной агрессии у людей, проживающих над (или рядом) неэкранированной трансформаторной подстанцией более 200кВА, раскладками трехфазных кабелей (или шин), линейные токи которых более 30А [8,11].*

Недопустимо применение в среде обитания таких средств (электросетей, устройств и конструкций), которые вызывают вторичные индукции и пере излучения в окружающих телах, которые при коммутациях тока и коротких замыканиях формируют искровые разряды (емкостного характера) большой мощности, вызывая взрывы и пожары концентраций газо-пыле-воздушных смесей, отказы и деградации уязвимых элементов радиоэлектронных средств [4,8,11].

Например, за 2004г. только от пожаров бытовых электроизделий: электрокамин, телевизор, холодильник, электроутюг и др. погибли 2434 и получили травмы 1922 человека. В целом по России в 2004г.от пожаров, причины которых были вызваны бытовой инфраструктурой электро-

снабжения погибли 18733 и получили травмы 13753 человека [12].

У служб охраны труда в медицинских и оборонных учреждениях практически отсутствуют факты электропоражений людей в местах эксплуатации симметричных, незаземленных электросетей (типа IT по сравнению с используемой в ЖКХ электросетью TN), выполненных по ГОСТ 50571.28-2006 (МЭК 60364-7-710: 2002). Прикосновение заземленного человека к одному из проводов фазы такой электросети безопасно. При коммутации тока и коротком замыкания в этой электросети энергия искрового разряда на порядок ниже энергии разряда такого же тока в электросети TN, за счет того, что относительно заземления распределенная емкость симметричной электросети в ~3-и раза меньше, а напряжение проводников фаз в 2-а раза ниже. Электросети IT практически не индуктируют электрическое поле в окружающее пространство. За счет снижения утечек токов проводимости и токов смещения энергосбережение в электросети IT здания не менее 3% выше, чем в подобной электросети TN.

2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

3 ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

4 ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

5 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

6 ПРИРОДНЫЕ ФАКТОРЫ

6.1 ГЕОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ;

6.2 ПОСТОЯННОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ;

6.3 ФОТО-АЭРО-ИОНИЗАЦИЯ;

6.4 ЕСТЕСТВЕННЫЕ ИОНИЗИРУЮЩИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ;

6.4.1 РАДИОАКТИВНОСТЬ - *(гамма-излучение, радон и торон).*

7 ТЕХНОГЕННЫЕ ФАКТОРЫ *(электромагнитные индукции и излучения)*

7.1 ПЕРЕМЕННЫЕ ЭЛЕКТРИЧЧЕСКИЕ ПОЛЯ *(частоты – 3Гц – 30кГц).*

7.1.1 Напряженность и потенциал на теле в местах заземленных электросетей типа TN;

7.1.2 Направление вращения и напряженность вихревого электрического поля.

7.2 ПЕРЕМЕННЫЕ МАГНИТНЫЕ ПОЛЯ *(частоты – 3Гц – 30кГц).*

7.2.1 Плотность потока индукции;

7.2.2 Направление вращения.

7.3 ПОЛЯ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ *(частоты – 30кГц – 30ГГц).*

7.3.1 Плотность мощности *(поля: импульсные и пульсирующие, узкополосные, широкополосные).*

7.4 ПОСТОЯННЫЕ ЭЛЕКТРИЧЧЕСКИЕ ПОЛЯ *(электростатические поля).*

7.4.1 Поверхностный потенциал;

7.4.2 Время утечки наведенных зарядов;

7.4.3 Искровые опасности.

7.5 ПОСТОЯННЫЕ МАГНИТНЫЕ ПОЛЯ *(магнитостатические поля)*

7.5.1 Искажение вектора геомагнитного поля (ГМП) по модулю, наклонению и отклонению относительно ГМП свободного пространства (по ГОСТ Р 51724-2001), вызванных:

-намагниченностью строительных стальных металлоконструкций;

-колебаниями (по модулю и частоте) индукций постоянных токов от электроустановок и электросетей.

7.6. ИЗЛУЧЕНИЯ *(ионизирующие и неионизирующие)*

7.6.1 Ультрафиолетовые;

7.6.2 Видимый свет;

7.6.3 Инфракрасные;

7.6.4 Лазерные .

7.7 РАДИОАКТИВНОСТЬ *(гамма-излучение, радон и торон)*

7.7.1 Увеличение мощности эквивалентной дозы локального гамма-излучения относительно среднего в свободном пространстве;

7.7.2 Превышение среднегодовой эквивалентной равновесной объемной активности продуктов радона и торона в воздухе помещений относительно допустимого уровня.

7.8 МЕХАНИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ *(звук и вибрации - воздушные и контактные воздействия)*

7.8.1 Уровни: инфразвука, акустического звука, ультразвука;

7.8.2 Уровни: гармонической и случайной вибрации, периодических ударных воздействий.

8 ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ (ГИГИЕНИЧЕСКИЕ) ФАКТОРЫ.

8.1 Микроклимат в атмосфере среды обитания.

8.1.1 Температура, влажность, давление, скорость движения воздуха;

8.1.2 Кислород, углекислый газ, токсичные и выхлопные газы, дымы, бытовые газы, ароматы;

8.1.3 Запыленность воздуха, инсоляция, аэроионы, атмосферное электричество.

8.2 Биологические загрязнители атмосферы среды *(грибы, бактерии, аллергены в том числе). Будут приведены и другие, распространенные в бытовых условиях, загрязняющие химические и биологические факторы.*

9 ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ *(строительные, коммуникационные, энергетические - рекомендуемые для предотвращения рисков взрыва-*

пожара-искра-электро-опасных, дискомфортных условий и загрязнений в среде обитания) [1,4, 11,13,14].

9.1 Методы оценки материалов по физическим показателям.

10 ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ *(рекомендуемые для обеспечения в помещениях комфортных, допустимых и безопасных условий природных, техногенных физических факторов и загрязнений воздуха для этапов строительства и эксплуатации жилых зданий в соответствии с приведенными показателями и критериями)* [3.4,8,16].

10.1 Методы и средства нормализации показателей физических факторов в жилой среде.

11 МЕТОДЫ САМОКОНТРОЛЯ И ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ РЕГИСТРАТОРЫ – ИНДИКАТОРЫ (ИРИ) *(природных, техногенных физических факторов и экологических загрязнений воздуха в помещениях для этапов строительства и эксплуатации жилых зданий в соответствии с приведенными показателями и критериями)*[5,6.16].

11.1 Методы и средства самоконтроля физических факторов;

11.2 Методы и средства самоконтроля экологических факторов.

ПРИЛОЖЕНИЯ

БИБЛИОГРАФИЯ

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

КОММЕНТАРИИ. *Фактор электростатического поля (ЭСП) в искусственной среде обитания является вторым по распространенности деструктивных воздействий после потенциально опасного бытового электричества 50Гц по количеству случаев летальных исходов и поражений здоровья людей, вызванных взрывами, пожарами газо-пыле-воздушных смесей, деградацией и отказами уязвимых элементов радиоэлектронных средств и т.п. Например, в 1,5 раза увеличивается количество вызовов врача к кардиологическим больным в периоды изменений поляризации геоэлектрического поля (ГЭП) атмосферного электричества напряженностью до 1,0кВ/м, вызванного, как правило, прохождением циклонического фронта или магнитной бурей [10].*

В помещении ГЭП ослабляется заземленными металлоконструкциями стен зданий. В отопительный сезон (в отдельных регионах до 10-ти месяцев в год) относительная влажность в помещениях снижается до 10% и менее. В этих условиях половые покрытия электризуют тело человека до 120В за каждый шаг вплоть до искровых разрядов при соприкосновении с заземленными предметами. Многие материалы стен пылят (гипсокартон, обои) и выделяют вредные газы. Пыль и молекулы газа электризуются и оседают в органах дыхания человека. В РФ заболевания органов дыхания на 3-м месте по количеству случаев.

Такие условия во всех жилых помещениях РФ мотивированы научно

необоснованными нормами ПДУ ЭСП 15 кВ/м, установленными в п.7.2 СанПиН 2.1.2.2645-10 для 24-х часов пребывания людей. Напряженность 15 кВ/м в атмосфере бывает кратковременно во время грозы, когда снижается работоспособность практически всех здоровых людей, а не только метеозависимых. Обратный знак ЭСП в помещении, например, на полу, более 0.05-0,1кВ/м вообще недопустим для человека, т.к. по закону Ома естественные токи организма потекут по телу не от головы к ногам, а наоборот.

Положительный источник ЭСП над головой – естественные условия, у ступней ног – дискомфортные условия. Существенно различаются по искровой опасности заземленное или незаземленное тело человека. Но эти опасности в СанПиНах не приведены. Известны много случаев заболеваний и летальных исходов людей, подвергающихся воздействиям ЭСП и источников полей ионизации среды обратной поляризации.

При напряженности ЭСП в окружающей среде более 3,0кВ/м искровой разряд с заряженного тела уже может вызвать поджог опасных концентраций многих газо-воздушных смесей, уровень возгорания которых до (1-3)мДж (метан – 0,26мДж), что часто происходит в бытовых условиях [5,6,14,17]. Риск таких возгораний возрастает, если Исполнитель использует изолирующую обувь, либо температура окружающего воздуха ниже минус 25° С, когда вымораживается верхний влажный слой с одежды. В обоих случаях одежда при движении человека электризуется. Потенциал статического электричества на теле человека стремительно нарастает, т.к. снижается скорость утечки зарядов.

В СНиПах отсутствуют требования и методы контроля строительных материалов на электризуемость по показателю скорости утечки наведенных зарядов ЭСП при заданной влажности. Такой показатель был введен нами в отдельные отраслевые стандарты еще в 90-х годах [17]. В стандарте SBM- 2008 подобный показатель используют при контроле строительных материалов.

Отбросив мысль о преднамеренном вредительстве национальной безопасности России, без эмоций, приводим только факты, по-видимому, вызванные не только одними «ошибками» ответственных лиц. О возможных последствиях этих ошибок на миллионах рабочих мест, в армии, в школах, детских садах, жилых домах можно только догадываться. Предлагаемый стандарт мог быть разработан и уже действовать 15-ть лет тому назад (см. Библиографический список источников).

Настоящий проект стандарта может дополняться и изменяться по результатам обсуждения научно-технической общественностью, строительными, энергетическими и приборными компаниями, санитарными, гигиеническими организациями и службами Роспотребнадзора.

Библиографический список

1. Standard of Building Biology Testing Methods: SBM-2008 – [Acting from July 2008]. – Germany: Institut für Baubiologie + Ökologie IBN, 2008. – 5 p. (www.createhealthyhomes.com/SBM-2008.pdf).

2. ДИРЕКТИВА 2013/35 / ЕС ЕВРОПЕЙСКОГО ПАРЛАМЕНТА И СОВЕТА от 26 июня 2013. «Минимальные требования для здоровья и безопасности в отношении воздействия на работников к рискам, связанным с физическими агентами (электромагнитные поля)».

3. Electromagnetic Fields and Public Health. Extremely Low Frequency Field sand Cancer. Fact Sheet no/ 263 – Geneva: WHO, 2001.– 14c.

4. Рябов Ю.Г., Трубицын А.В., Ломаев Г.В., Тюренков С.Н. Снижение «электромагнитных загрязнений» и дискомфортных условий в среде обитания путем перехода на симметричную систему электроснабжения// Технологии ЭМС. – №2(57), 2016. - С.52-59.

5. Рябов Ю.Г., Трубицын А.В., Ломаев Г.В., Тюренков С.Н. Индивидуальные регистраторы-индикаторы (ИРИ) – средства для самоконтроля «электромагнитных загрязнений» и дискомфортных условий в среде обитания // Технологии ЭМС. №4(55), 2015. – С. 42-49.

6. Ю. Рябов, Г. Яковлев, Г. Ломаев, А. Яшин, С. Билецкий. «Погода в доме». М.: «Охрана труда и социальное страхование» №4, 2014. С.60 - 70.

7. Рябов Ю.Г., Ломаев Г.В., Кулешова Д.С. Концепция восстановления геомагнитного поля в экранированных объектах // Технологии ЭМС. №4(35), 2010. – С. 35-43.

8. Рябов Ю.Г., Андреев Ю.В. Сохранение здоровья и работоспособности персонала современных производственных рабочих мест и населения путем обеспечения комфортных электромагнитных условий в среде обитания человека. М.: «Технологии ЭМС» №1, 2002г., с.3-5.

9. Архипов М.Э., Куротченко Л.В., Новиков А.С., Субботина Т.И., Хадарцев А.А., Яшин А.А. Воздействие право- и левовращающихся электромагнитных полей на биообъекты: физические модели и эксперимент. Под. ред. д.м.н., проф. Т.И. Субботиной и заслуженного деятеля науки РФ, д.б.н., д.т.н., проф. А.А. Яшина. ГУП НИИ новых медицинских технологий. Москва–Тверь–Тула. ООО «Изд. «Триада». 2007. – 200 с.

10. Рябов Ю.Г., Ермаков К.В., Билецкий С.Э. «Обеспечение комфортных условий на рабочих местах по фактору электрического поля». Сборник научных трудов Первой Международной научно-практической конференция «Актуальные проблемы и перспективы развития радиотехнических и инфокоммуникационных систем». Часть 2. «Радиоинфоком – 2013». 28-30 марта 2013.г., Россия, г.Москва. С.138-144.

11. Рябов Ю.Г., Ломаев Г.В., Тюренков С.Н. Вращающееся магнит-

ное поле – физический фактор, подлежащий санитарному контролю // Технологии ЭМС. №1(60), 2017. – С. 38-46.

12. Боков Г.В. Пожарный надзор в электрохозяйстве //Охрана труда и социальное страхование. №7, 2006. – С. 52 – 59.

13. Рябов Ю.Г., Гуров И.Б. «Экранирование встроенных трансформаторных подстанций». – Технологии ЭМС. – 2014, №3. - С.21-28.

14. Рябов Ю.Г., Ермаков К.В.,Тюренков С.Н. Принципы модернизации молниезащиты жилых домов и сооружений // Технологии ЭМС. №2(49), 2014. – С. 47-55.

15. Ломаев Г.В., Рябов Ю.Г., Мурашова Д.С., Мышкин Ю.В. Практика нормализации геомагнитного поля (ГМП) в помещениях зданий и сооружений. С.11 (в выпуске).

16. Рябов Ю.Г. ,Ломаев Г.В. Нормы электромагнитной безопасности – первопричина взрывов, пожаров, электропоражений и дискомфорта в жилых зданиях в отличии от комфортных условий в помещениях, соответствующих нормам стандарта SBM – 2008. С.13 (в выпуске).

17. Рябов Ю.Г., Лопаткин С.М. и др. «Способ контроля электростатической безопасности объекта», авторское свидетельство №1429061 от 23.02.1987, СССР, опубликовано в БИ №37, 1988.

THE CONCEPT AND CONTENT OF THE DRAFT STANDARD, ENSURING A SAFE AND COMFORTABLE ENVIRONMENT PHYSICAL FACTORS IN THE ARTIFICIAL HABITAT

[1] Y.G.Rjabov, [2] A.V.Trubicyn, [3] G.V Lomaev.

*[1] **Moscow, Russia,** riabovug@mail.ru.*
*[2] **Moscow State Technical University MIREA, Moscow, Russia,** trubitcyn@mirea.ru.*
*[3] **Izhevsk State Technical University, Izhevsk, Russia,** LomaevGV1@mail.ru.*

Annotation. List of contents of the draft standard (1-th Edition of the project) with comments to the main headings: preliminary national standard for Russian Federation. PNST 1-20017. NEQ (according to GOST R 1.5-2012). Green standard-voluntary application. Residential buildings, premises, places of rest. Comfortable, acceptable and safe environment physical factors in the artificial habitat Wednesday. Featured indicators and benchmarks, evaluation methods and to ensure compliance with the conditions. Are some works by the authors, confirming their competence.

Keywords: standard, living conditions, natural-technological factors, safety, comfort, self-control, technology, comments.

УДК.621: 624: 614.7.8

НОРМЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В ЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ В ОТЛИЧИИ ОТ КОМФОРТНЫХ УСЛОВИЙ, СТАНДАРТА SBM – 2008

[1]Рябов Ю.Г. ,[2]Ломаев Г.В.

[1]К.т.н., с.н.с., Москва, E-mail: [1]riabovug@mail.ru
[2]Д.т.н., проф. Ижевского государственного технического университета, Ижевск, Россия, LomaevGV1@mail.ru

Аннотация. Некорректные для среды обитания факторы норм электромагнитной безопасности, компилированные в строительные правила, опосредственно являются первопричинами взрывов бытового газа, пожаров, электропоражений и дискомфортных условий для проживания в жилых зданиях. Отличия (табл. 1-7) норм СанПиН 2.1.2. 2801-2010 и комфортных критериев показателей стандарта SBM – 2008 достигает более 1000 раз. Приведены неконтролируемые в обоих нормативах модифицированные электромагнитные факторы, которые в жилых помещениях создают дискомфортные условия. Предложены подходы к созданию технического стандарта РФ - обеспечения безопасных и комфортных условий в среде обитания.

Ключевые слова. Среда обитания, электромагнитная безопасность, комфортные условия, модифицированные факторы, сравнение норм, разработка стандарта

Состояние системы «человек-среда обитания» в техно сфере определяется показателями и критериями безопасности, комфортности и экологичности, принципиально различающимися по понятиям и принципам. Чтобы обеспечить качество жизни человека, сохранить здоровье людей, в среде обитания необходимо создать безопасные и комфортные условия: сохранить показатели природных факторов и снизить воздействия физических и экологических факторов до минимальных уровней, на которые организм практически не реагирует.

Безопасные условия в среде обитания в процессе проектирования и строительства зданий должны быть предусмотрены и обеспечиваться такими техническими решениями и технологиями, которые в жилых помещениях существенно снижают риски потенциальных взрыва-пожара-электро-искра-опасных условий, дискомфортных биологических условий, непреднамеренных действий «человеческого фактора» и внешних воздействующих факторов природного и техногенного происхождения. На этапах эксплуатации здания периодическую диагностику отсутствия опасных и дискомфортных условий рабочего места, жилых помещений, мест отды-

ха сегодня должен выполнять сам Пользователь, используя индивидуальные регистраторы-индикаторы (ИРИ) и коммуникаторы [1].

Неосязаемые человеком техногенные электромагнитные факторы, природные явления (молнии, бури) являются распространенными причинами взрывов, пожаров, электропоражений, создания искраопасных условия в современной среде обитания. Кроме того, среда помещений становится дискомфортной для проживания из-за отклонений (искажений) от номинальных показателей природных геомагнитного и геоэлектрического полей (ГМП и ГЭП), к которым организм человека был ранее адаптирован.

Воздействия неестественных для человека, искаженных природных факторов, интенсивных индукций и излучений источников электромагнитных полей (ЭМП) нарушает биоэнергетическое функционирование человеческого организма. Развивается синдром хронической усталости, появляются сонливость и тревожные состояния. Снижается скорость сенсорных и двигательных реакций человека. Длительные воздействия отдельных или комплекса таких факторов вызывают: болезни, психические срывы, инвалидность, летальные исходы и отдаленные последствия у людей. Особенно опасны такие воздействия на лиц ответственных профессий, беременных, детей, метеозависимых людей и лиц с ослабленным здоровьем [2].

1.Некоторые причины дискомфортных условий в помещениях ЖКХ

Смертность в России в три раза превышает этот показатель в Европе и в пять раз выше, чем в США. Самой частой причиной смерти, согласно статистике, по-прежнему остаются болезни кровообращения (40-50%), онкологические заболевания (около 30%), заболевания органов дыхания. При этом в трети случаев смерти, по данным Минздрава, происходят по «не уточненным причинам» сообщает REGNUM. Среди причин болезней и смертей людей доля действующих в среде обитания неупорядоченных энергетических и электромагнитных факторов достаточно велика.

Многие случаи взрывов бытового газа, пожаров, электропоражений людей, дискомфортных условий мотивированы научно необоснованными нормами (первопричина) электромагнитной безопасности факторов источников индукций промышленной частоты (ПЧ) и электростатических полей (ЭСП), регламентированных СанПиН 2.2.4.2801-2010 для условий проживания. Такие нормы «позволяют» строителям в РФ много лет сохранять в жилых зданиях, коттеджах потенциально опасную несимметричную систему электроснабжения типа TN (с заземленной нейтралью - п.7.1.13 ПУЭ - сети TN-S и TN-C-S), нарушения в которых (по выступлениям Шойгу С.К. как Министра МЧС) являются причиной каждого 3-го пожара, взрыва в ЖКХ [1].

От взрывов бытового газа (ЛВЖ, ВВ и др.), пожаров и электротравм, вызванных электросетями TN, ежегодно в РФ, не считая пострадавших, погибает до 20-ти тысяч человек (из них до 5-ти тысяч – на пожарах) [данные ВНИИПО МЧС]. Высокий риск заболеваний и смерти людей, прожи-

вающих рядом с неэкранированными трансформаторными подстанциями более 500кВА и раскладками трехфазных кабелей с линейными токами более 40А – источниками вращающихся ЭМП. Например, за 2004г. только от пожаров бытовых электроизделий: электрокамин, телевизор, холодильник, электроутюг, переходник и др. погибли 2434 и получили травмы 1922 человека. В целом по России в 2004г. от пожаров, причины которых были вызваны бытовой инфраструктурой электроснабжения (типа TN), погибли 18733 и получили травмы 13753 человека (табл., [3]).

В тоже время, например, в медицинских учреждениях, много лет использующих в помещениях зданий симметричные, незаземленные электросети (типа IT-п.1.7.3 ПУЭ и др.), статистика пожаров, электротравм и дискомфортных условий, вызванных паразитной индукцией, практически отсутствует. При коммутации и коротких замыканий в электросети IT энергия искры в 3-10 раз ниже (случаи взрыва бытового газа - неизвестны), а индукции электрических и магнитных полей (ЭП и МП) более 100 раз меньше (практически не создает вторичных индукций), чем от электросетей типа TN. При замыкании проводника фазы на заземление потребитель не отключается. Прикосновение к оголенному проводу фазы не вызывает электропоражения. Электросбережение, остаточный ресурс и другие важные показатели электросетей IT выше, чем в электросетях TN [4].

Энергия *индукций* ЭП и МП ПЧ и их гармоник от электросетей TN здания и вторичных индукций проникает внутрь тела человека, локализуясь вихревым путем в местах повышенной проводимости, вызывая в них деструктивные для организма токи. Индуктируемые трехфазными электросетями *вращающиеся* ЭП и МП ПЧ, проникают в тело человека, разделяя в теле поляризованные ионы, вызывая в частях тела ЭДС, которые создают деструктивные, противоестественные токи проводимости и смещения в структуре организма [5].

Энергия *излучений* источников узкополосных полей радиочастот (РЧ) и СВЧ не проникает внутрь тела человека, локализуясь на верхних покровах тела, вызывая их нагрев. Однако, энергия индукций низкочастотных модуляций источников излучений (*модулированных*) узкополосных и широкополосных РЧ и СВЧ проникает внутрь тела человека, создавая деструктивные токи, взаимодействующие со слабыми функциональными токами организма. Механизмы воздействий на живые организмы *индукций*, *излучений и вращающихся* электромагнитных полей (ЭМП) существенно различаются, что усложняет их биологическую идентификацию [5].

2. Зарубежные принципы обеспечения безопасных и комфортных условий в среде обитания

Исходя из многозначности форм индукций, действующих в натурных условиях, расширения спектра гармоник и неоднозначности биологических реакций живых организмов на дискомфортные воздействия вращающихся электромагнитных полей ПЧ в среде обитания, Всемирная ор-

ганизация здравоохранения (ВОЗ) рекомендует: длительное воздействие МП ПЧ на человека (особенно детей) не допускать более 0,16А/м (0,2мкТл); применять предупредительный принцип безопасности [6].

В результате исследований, выполненных в США (И. Омура и др.) и Швеции в 80-х годах прошлого столетия, был установлен уровень безопасного воздействия на человека фона индукции электрического поля (ЭП) 50(60)Гц в помещении, где размещались компьютерные рабочие места. Установлено, что организм человека не реагирует на воздействия ЭП напряженностью до 10В/м даже в условиях одновременного действия индукций составляющей МП 50Гц напряженностью до 0,12А/м. Эти нормы (ПДУ 10В/м и 0,12А/м) были введены в стандарт ТСО 91(99) (Швеция) в качестве порога фона поля ПЧ 50Гц в помещениях тестирования ПВЭМ, где тогда использовались дисплеи с электронной трубкой.

В 90-х годах прошлого столетия в Европе был разработан стандарт SBM (Standard of Building Biology Testing Methods), 7-я редакция которого - SBM-2008 сегодня является руководящим документом при независимом тестировании физических и экологических факторов жилых помещений домов в Европе, США, Канаде, Австралии. Основной принцип стандарта –обеспечение комфортных условий пребывания людей в «спальных местах» [7].

В результате конкуренции производителей по созданию безопасных и комфортных условий, сохранению здоровья населения эти нормы уже около 20-ти лет зарубежные строители обеспечивают в жилых помещениях и на рабочих местах, используя рациональные технические решения [1]. Мы убедились в этом, контролируя помещения апартаментов, коттеджей и рабочих мест, сооруженных зарубежными строителями в России. Но в РФ санитарные НИИ РАМН и службы Роспотребнадзора данный стандарт до сих пор игнорируют, декларируя в СанПиНах условия безопасности, уровни факторов которых отличаются до 1000 раз от стандарта SBM-2008 [5].

Зарубежные инженеры, которые строили жилые и офисные здания в Москве, производственные сооружения в г. Ступино (Моск. обл.) и др. на наш вопрос: «Почему фактически на промышленных и офисных рабочих местах, сооружаемых Вами, уровни ЭП и МП ПЧ комфортные, а в Ваших «директивах» для профессиональных условий в 500-10000 раз выше», отвечали примерно одинаково:

«Мы работаем по национальным промышленным стандартам, *технические решения* которых обеспечивают низкие уровни индукций и излучений ЭМП. Для «спальных мест» руководствуемся критериями добровольного стандарта SBM-2008. В условиях жестких законов и конкуренции по безопасности физических и экологических факторов, публичная продукция должна быть безопасной и комфортной. Выполнять работы, следуя только ПДУ санитарных норм, как это делают у Вас, нельзя, потеряешь доверие».

«Конечно, завышенные ПДУ ЭМП, инспирированные ICNIRP и декларируемые в наших «директивах для профессионалов», ангажированы в

интересах работодателей. Но эти нормы используются в основном для полит корректного применения к работникам из других стран (гастарбайтерам) в случаях превышений ПДУ и для ослабления внимания к нашим технологиям конкурентов из развивающихся стран».

Комментарии. Ссылались на ранние редакции ПДУ норматива действующей сегодня ДИРЕКТИВЫ 2013/35 / ЕС ЕВРОПЕЙСКОГО ПАРЛАМЕНТА И СОВЕТА от 26 июня 2013: «Минимальные требования для здоровья и безопасности в отношении воздействия на работников к рискам, связанным с физическими агентами (электромагнитные поля)». ICNIRP (МКЗНИ) – Международная комиссия по защите от неионизирующих излучений. Российская комиссия - (РКЗНИ) декларирует ту же ангажированную политику.

Нормы внешних воздействующих физических факторов для профессионалов в развитых и развивающихся странах определяются национальными стандартами и директивами и для профессионалов и для «спальных мест». В тексте стандарта SBM-2008, для иллюстрации декларативного хаоса в нормировании ПДУ в документах «развитых» стран и международных организаций, приведены максимальные ПДУ электрического (ЭП) и магнитного поля (МП) диапазона частот 3Гц -30кГц (ELF / VLF), куда входят и значения ПДУ промышленной частоты 50(60)Гц.

2.1. **ЭП.** ACGIH профессиональный TLV: 25000 В/м; DIN/VDE: профессиональная 20000 В/м, общая 7000 В/м; ICNIRP: 5000 В/м; TCO: 10 В/м; конгресс США / EPA: 10 В/м; BUND: 0,5 В/м; исследования окислительного стресса, свободных радикалов, мелатонина, лейкемии у детей: 10-20 В/м; природное: <0,0001 В/м.

2.2. **МП.** DIN/VDE: профессиональный 5000000 нТл, общий 400000 нТл; ACGIH - профессиональный TLV: 200000 нТл; ICNIRP: 100000 нТл; Швейцария 1000 нТл; ВОЗ: 300-400 нТл -"возможно канцерогенный"; TCO: 200 нТл; конгресс США/EPA: 200 нТл; BioInitiative: 100 нТл; BUND: 10 нТл; природное: <0,0002 нТл.

2.3. ПДУ - профессиональный СанПиН 2.2.4.3359-16 (50Гц): **ЭП**-25000В/м; **МП**-2000000нТл. ПДУ – «для условий проживания» - СанПиН 2.1.2.2801-10 (50Гц): ЭП- 500В/м; МП-5000 (8000) нТл.

3. Недопустимые и нерекомендуемые модификации электромагнитных факторов в жилых помещениях

Для жилых помещений (24 часа прбывания) в СанПиН 2.2.4.2801-2010 приведены показатели ПДУ фона ЭП и МП ПЧ до 500В/м и 5,0(10)мкТл, соответствующие критериям электромагнитной безопасности для офисных рабочих мест (8час пребывания). В стандарте SBM-2008 значения ПДУ безопасности показателей фона ЭП и МП ПЧ в жилых помещениях приведены - до 5,0В/м и 0,5мкТл, а комфортные условия - <1,0(0,3)В/м и <0,02мкТл (табл.1 и табл.2 – критерии 4 и 1). Но в обоих нормативах, СанПиН и SBM-2008, не приведены дискомфортные и пора-

жающие человека, недопустимые и нерекомендуемые показатели безопасности модификаций традиционных факторов, которые в натурных условиях сегодня существуют в жилых зданиях, на рабочих местах, в транспорте, воздействуют на людей, но не упоминаются и не контролируются.

1. Вращающиеся магнитные и электрические поля (особенно опасные левосторонние), индуктируемые трехфазными электросетями и оборудованием промышленной частоты (ПЧ) [2,5].

2. Поляризация вектора электростатического поля, обратная направлению вектора электрического поля Земли периода «хорошей погоды» [8,9].

3. Поляризация вектора постоянного магнитного поля, обратного вектору геомагнитного поля открытого пространства [1,10].

4. Градиенты высоких уровней напряженности постоянных и переменных индукций электрических и магнитных полей [1].

5. Излучения широкополосных и узкополосных модулированных электромагнитных полей радиочастот, СВЧ (в том числе электромагнитных импульсов), на которые до сих пор нет государственных регламентов (требований, норм, методов контроля) для жилых помещений.

6. Наличие в среде обитания в спектре магнитных, электрических полей высоких амплитуд (выбросов) низких частот, совпадающих с частотами ритмов головного мозга, ЦНС (не соответствующих распределениям частот волн Шумана), которые могут оказывать деструктивные непреднамеренные воздействия на жизнедеятельность человека [1].

4.Сравнение критериев показателей физических факторов, рекомендованных стандартом SBM-2008 и регламентированных СанПиН 2.2.4.2645-2010 (с изменениями 2.2.4.2801-2010) для жилых помещений

Разработчики стандарта SBM-2008, чтобы обеспечить в среде обитания безопасные и комфортные условия, ограничили нормы отклонений природных показателей и нормы бытовых энергетических (техногенных) факторов до безопасных уровней - ниже порогов взрыва-пожара-электро-искра условий, достижимых техническими решениями. Однако, в стандарте не приведены отклонения показателей модифицированных факторов (раздел 3), несмотря на то, что в натурных условиях эти факторы вызывают непосредственные воздействия на жизнедеятельность человека: склонность ко сну, агрессии, депрессии и т д.[1,9].

Диапазон ПДУ каждого показателя стандарта SBM-2008 регламентирован по 4-м категориям критериев (условиям), оцениваемых инструментальными методами.

1.Нет беспокойства (No Concern). Эта категория обеспечивает наивысшую степень предосторожности, отражая неискаженные природные условия или общий и почти неизбежный фоновый уровень современной среды обитания.

2.Незначительная обеспокоенность (Slight Concern**).** В качестве меры предосторожности, особенно в отношении чувствительных и больных людей. Исправление отклонения должно быть выполнено каждый раз,

когда это возможно.

3.Серьезная обеспокоенность(Severe Concern**).** Со строительной точки зрения эти критерии еще недостаточны для исправления, но являются призывом к действию. Исправление как можно скорее должно быть выполненным. В дополнение к многим историям болезней при таких воздействиях научные исследования указывают на ряд биологических эффектов и проблем со здоровьем в этом диапазоне критерий.

4.Чрезвычайная обеспокоенность (Extreme Concern**).** Значения критериев факторов этой категории должны быть немедленно исправлены, поскольку они могут достигать или превышать предельно допустимые критерии непрофессиональных и профессиональных воздействий.

Согласно понятиям и обозначениям, приведенным в отечественных стандартах, эти категории можно соответственно идентифицировать как условия: 1. Комфортные; 2. Допустимые; 3. Безопасные; 4. Недопустимые.

Далее в тексте критерии условий (категорий) обозначаются как 1, 2, 3, 4. Показатели факторов, подлежащих контролю, приведены по порядку их следования в стандарте SBM-2008. Соответственно, для сравнения, в табл.1-7 приведены предельно допустимые уровни (ПДУ) аналогичных, действующих в РФ, показателей физических факторов санитарных норм СанПиН 2.1.2.2801-10 «Изменения и дополнения №1 к СанПиН 2.1.2. 2645-10»-«Санитарно-эпидемиологические требования к условиям проживания в жилых зданиях и помещениях».

Условная эффективность (Эф) критериев показателей комфортных условий стандарта SBM-2008 по сравнению с ПДУ норм СанПиН определяется величиной отношений показателей Эф=ПДУ СанПиН/критерий **1** SBM-2008.

Таблица 1 - ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПОЛЯ диапазона частот 3Гц -30кГц

Показатели		Единицы измерений	Критерии условий			
			1	**2**	**3**	**4**
SBM – 2008	Напряженность поля относительно земли	В/м	<1	1-5	5 - 50	> 50
	Потенциал тела относительно земли	мВ	<10	10-100	100-1000	> 1000
	Напряженность поля в свободном пространстве	В/м	<0,3	0,3-1,5	1,5-10	10
ПДУ СанПиН	Напряженность поля в помещении частоты 50Гц	В/м	<500-внутри помещения <1000 – снаружи здания			
Для жилого помещения $Эф_1$= 500/1=500 раз; $Эф_2$=500/0,3=1666,7.						

Таблица 2 - МАГНИТНЫЕ ПОЛЯ диапазона частот 3Гц -30кГц

Показатели		Единицы измерений	Критерии условий			
			1	**2**	3	4
SBM – 2008	Плотность потока индукции.	мкТл	0,02	0,02-0,1	0,1 - 0,5	> 0,5
	Значения относятся к частотам до и около 50 (60)Гц. Критерии более высоких частот и преобладающие гармоники должны быть снижены					
ПДУ СанПиН	Плотность потока индукции только для частоты 50Гц	мкТл	<5,0 – внутри помещения <10,0 - снаружи здания			
Для жилого помещения Эф= 5/0,02=250 раз.						

Таблица 3 - ИЗЛУЧЕНИЯ РАДИОЧАСТОТ и СВЧ в диапазоне 30кГц – 300ГГц

Показатели		Единицы измерений		Критерии условий			
				1	**2**	3	**4**
SBM-2008	Плотность потока энергии (ППЭ)	мкВт/м^2		<0,1	0,1-10	10-1000	>1000
ПДУ СанПиН	Диапазон частот	30-300 кГц	0,3-3 МГц	3-30 МГц	30-300 МГц	300 МГц-300ГГц	
	Напряженность Е (В/м) электрического поля	<25,0	<15,0	<10,0	<3,0	<10 мкВт/см^2 = =<10^5 мкВт/м^2	
	Плотность потока энергии (ППЭ), мкВт/м^2 (пересчет-ППЭ=Е^2/377)	<<1,66	<0,6	<0,26	<0,024		
В диапазонах частот:30-300 кГц Эф=1,66/0,1=16,6 раз; 0,3-3МГц Эф=0.6/0,1=6 раз; 3-30 МГц Эф=0,26/0,1=2,6 раз; 30-300 МГц Эф=0,024/0,1=0,1 раз; 300 МГц-300ГГц Эф=10^5/0,1=10^6 раз!							

Таблица 4-ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ ПОСТОЯННОЕ (Электростатическое поле - ЭСП)

Показатели		Единицы измерений	Критерии условий			
			1	**2**	**3**	**4**
SBM-2008	Поверхностный потенциал	В	100	100-500	500-2000	> 2000
	Время разряда	сек	<10	10 - 30	30-60	> 60
ПДУ СанПиН	Напряженность ЭСП в жилых помещениях	кВ/м	15,0			
Показатели ПДУ СанПиН некорректны и несовместимы с показателями SBM-2008						

Комментарии. 1.Напряженность ЭСП≤15,0кВ/м бывает во время грозы в течение не более 1-го часа.

2. При напряженности ЭСП≥3,0кВ/м источника энергии искрового разряда достаточно для поджога концентрации смеси бытового газа - (0,2 – 0,3) мДж.

3. Недопустимо длительное воздействие над (около) головой человека ЭСП> плюс (2-3)кВ/м и ЭСП< минус (0,01-0,1) кВ/м.

Таблица 5 - МАГНИТНОЫЕ ПОЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА (Магнитостатика)

Показатели		Единицы измерений	Критерии условий			
			1	**2**	**3**	**4**
SBM-2008	Отклонение плотности потока стальными конструкциями	мкТл	<1	-6	6 - 20	> 20
		% для 50мкТл	<2	2-12	12- 40	> 40
	Колебание плотности потока от воздействий протекающего тока	мкТл	<1	1 - 2	2-10	> 10
		% для 50мкТл	<2	2-12	12- 40	> 40
	Отклонения стрелки компаса от направления ГМП	угловой градус	<2	2-10	10-100	> 100
ПДУ СанПиН	Ослабление ГМП в жилом помещении относительно свободного пространства	%	<50-внутри помещения			
Для жилого помещения Эф=50/2=25 раз						

Таблица 6 - РАДИОАКТИВНОСТЬ (гамма-излучение и радон)

Показатели		Единицы измерений	Критерии условий			
			1	**2**	**3**	**4**
SBM-2008	Увеличение эквивалентной мощности дозы гамма-излучения в помещении относительно открытой местности	%	5<50	50-70	70-100	> 100
	Радон	Бк/м^3	<30	30 - 60	60-200	> 200
	Радон (в кюри на литр)	pCi / L	<0,75	0,75-1,5	1.5-5	>5
ПДУ Сан-ПиН	Увеличение эквивалентной мощности дозы гамма-излучения в помещении относительно открытой местности	мкЗв/час	На 0,2			
	Среднегодовая активность радона и торона в воздухе зданий	Бк/м^3	<200			
Для эквивалентной мощности дозы гамма-излучения 0,15мкЗв/час Эф=0,2/0, 075≈2,7 раз.						

Таблица 7 - КОЛЕБАНИЯ ЗЕМНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ (Геомагнитное поле, радиация Земли)

Показатели		Единицы измерений	Критерии условий			
			1	**2**	**3**	**4**
SBM-2008	Девиации ГМП относительно поля «хорошей погоды»	мкТл	<0,10	0,1-0,2	0,2-1,0	> 1,0
		% для 50мкТл	<0,2	0,2-0,4	0,4-10	> 10
	Девиации ионизирующих излучений Земли	%	<10	10 - 20	20 - 50	> 50
Сан-ПиН	Показатели отсутствуют		----------			

5.Предложение по разработке стандарта комфортных условий

Известные стратегии развития «зеленого» строительства, «умных» домов, программы реновaций, регламенты строительных рейтингов в РФ декларируют качество жизни, несмотря на периодические взрывы, пожары, поражения людей, рост числа источников индукции и излучений, воздействующих на человека. Одной из причин таких непредсказуемых событий является отсутствие критериев комфортных условий физических факторов в среде обитания. Ведь все строительные и энергетические документы ссылаются на показатели, приведенные в СанПиН 2.1.2. 2801-10, безопасных (а не комфортных) условий проживания.

Предлагаем разработать комплексный, «зеленый стандарт» РФ добровольного применения. Показатели стандарта будет гармонизированы с показателями стандарта SBM-2008 с учетом: показателей и критерий безопасных взрыва-пожара-электро-искра условий, опасных модифицированных факторов, совместимости с отдельными положениями стандартов охраны труда, экологии, метрологического обеспечения РФ и СанПиН. Кроме того в стандарт войдут: рекомендации эффективных технических решений с учетом технологической и ценовой достижимости, технологии восстановления (нормализации) факторов, методы и средства самоконтроля условий, используя индивидуальные регистраторы, коммуникаторы с инструкциями, пропагандирующие эти методы для населения.

Заключение

1. Санитарные нормы, регламентирующие ПДУ электромагнитной безопасности для условий проживания, компилированные в ПУЭ, СНиП и др. стандарты РФ, являются опосредственной причиной взрывов, пожаров, электропоражений и дискомфорта в жилых зданиях по сравнению с безопасными и комфортными условиями, создаваемые зарубежными строителями в помещениях, соответствующих нормам стандарта SBM – 2008, действующему с 1992г., но игнорируемого до сих пор санитарными НИИ РАМН и службами Роспотребнадзора.

2. Среди природных и техногенных показателей безопасности в СанПиН, безопасности и комфортных условий в стандарте SBM-2008 - не приведены дискомфортные, поражающие человека, недопустимые модификации традиционных факторов, которые в натурных условиях существуют в жилых зданиях, на рабочих местах, в транспорте, но не упоминаются и не контролируются в обоих нормативах, несмотря на предупреждения ВОЗ – применять в таких случаях предупредительные нормы.

3. Самоконтроль условий обитания должен стать основным методом диагностики опасных и дискомфортных воздействующих факторов.

4. Предложение авторов о разработке комплексного «зеленого стандарта» РФ (по ГОСТ Р 1.5-2012) добровольного применения, подтверждается многолетним практическим опытом обеспечения безопасных и комфортных условий электромагнитных и экологических факторов на рабочих местах и в жилых зданиях, результаты которых приведены в более 100 работ, включая действующие и сегодня стандарты (ГОСТ Р 51724-01(08) и др.).

Считаем, что внедрение предлагаемого стандарта в строительный комплекс позволит: на порядок снизить жертвы и поражения людей; сократить дни нетрудоспособности работников; сохранить здоровье детей, беременных, лиц с ослабленным здоровьем; снизить ежегодные затраты миллиарды бюджетных рублей на восстановление здоровья людей, на восстановление и ремонт разрушений после взрывопожарных событий.

Разработка стандарта и мероприятия по его внедрению могут быть включены в программы реновций, проектирования и строительства новых зданий и коттеджей, доработки до комфортных условий мест проживания.

Библиографический список

1. Рябов Ю.Г., Яковлев Г.Н., Ломаев Г.В., Яшин А.А., Билецкий С.Э. «Погода в доме». М.: «Охрана труда и социальное страхование» №4, 2014. С. 60 -70.

2. Рябов Ю.Г., Андреев Ю.В. Сохранение здоровья и работоспособности персонала современных производственных рабочих мест и населения путем обеспечения комфортных электромагнитных условий в среде обитания человека. М.: Технологии ЭМС. - №1, 2002г., с.3-5.

3. Боков Г.В. Пожарный надзор в электрохозяйстве //Охрана труда и социальное страхование. №7, 2006. – С. 52 – 59.

4. Рябов Ю.Г., Трубицын А.В., Ломаев Г.В., Тюренков С.Н.

Снижение «электромагнитных загрязнений» и дискомфортных условий в среде обитания путем перехода на симметричную систему электроснабжения// Технологии ЭМС. – №2(57), 2016. - С.52-59.

5. Рябов Ю.Г., Ломаев Г.В., Тюренков С.Н. Вращающееся магнитное поле – физический фактор, подлежащий санитарному контролю // Технологии ЭМС. - №1(60), 2017. – С. 38-46.

6. Electromagnetic Fields and Public Health. Extremely Low Frequency Fields and Cancer. Fact Sheet no/ 263 – Geneva: WHO, 2001. 14c.

7. Standard of Building Biology Testing Methods: SBM-2008 – [Acting from July 2008]. – Germany: Institut für Baubiologie + Ökologie IBN, 2008. – 5 p. (www.createhealthyhomes.com/SBM-2008.pdf) (accessed 01.02. 2017).

8. Рябов Ю.Г., Ермаков К.В., Билецкий С.Э. «Обеспечение комфорт-

ных условий на рабочих местах по фактору электрического поля». Сборник научных трудов 1-ой Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и перспективы развития радиотехнических и инфокоммуникационных систем» 28-30 марта 2013, Москва. МГТУ МИРЭА. Часть 2-ая. С.138-144.

9. Борисенков Е.П., Кобзарева Е.Н., Крушатина И.А., Никифорова Л.Н., Успенская В.Г., Шварц Я.М. «Значительные изменения градиента потенциала электрического поля атмосферы у земли и метеотропные реакции у кардиологических больных». Научные труды 5-й Российской конференции по атмосферному электричеству. Г. Владимир, 21-26 сентября 2003, с. 136-139.

10. Рябов Ю.Г., Ломаев Г.В., Кулешова Д.С. «Концепция восстановления геомагнитного поля в экранированных объектах»// Технологии ЭМС. - №4(35), 2010. – С.35-43.

ELECTROMAGNETIC SAFETY STANDARDS-THE ROOT CAUSE OF THE EXPLOSIONS, FIRES, ELECTRIC SHOCK AND DISCOMFORT IN RESIDENTIAL BUILDINGS, IN CONTRAST TO THE COMFORTABLE CONDITIONS IN PREMISES THAT COMPLY WITH THE STANDARD OF THE SBM-2008

[1]Rjabov Yu. G., [2]Lomaev G. V.

[1]KTN, SRS, Moscow, Russia, riabovug@mail
[2]DTN, Prof. Izhevsk State Technical University, Izhevsk, Russia, LomaevGV1@mail.ru.

Annotation. Incorrect for Wednesday Habitat factors of electromagnetic safety standards, compiled in building regulations, indirectly are the root causes of domestic gas explosions, fires, electric shock and uncomfortable conditions for their stay in residential buildings. Differences (table 1-7) norms SanPiN 2.1.2. 2801-2010 and comfortable standard benchmarks SBM-2008 reaches over 1000 times. Are uncontrolled in both regulations modified electromagnetic factors, that residential areas create uncomfortable conditions. Approaches to the establishment of technical standard RF-provide a safe and comfortable environment in Wednesday.

Keywords. Wednesday, electromagnetic safety, comfort, modified factors comparison of standards, the development of standard.

УДК 621.3.05

РАЗРЯДНИКИ БЫВАЮТ РАЗНЫЕ
Часть 1

С.А. Сухоруков, В.В. Горячевский

ЗАО «ЭМСОТЕХ», г. Калуга, Россия
e-mail: emcotec@yandex.ru, emcotec-baza@yandex.ru

Аннотация. Приводятся результаты испытаний грозозащитных разрядников зарубежного производства. Показано, что все испытанные разрядники являются одноразовыми изделиями, разрушающимися при импульсных воздействиях, намного ниже паспортных характеристик. Анализируются ошибки в конструкции разрядников, способствующие их ускоренному разрушению. Критикуется ряд положений стандарта МЭК 62305-1-2006. Критикуется ряд рекламных утверждений в отношении разрядников зарубежного производства, которые неприемлемы на практике. Даны основные сведения о конструкции и принципах работы разрядников с большим ресурсом работы, разработанных ЗАО «ЭМСОТЕХ».

Ключевые слова. Грозозащитный разрядник, грозовой разряд, МЭК 62305-1-2006

Так ли хороши импортные разрядники?

На протяжении многих лет ЗАО «ЭМСОТЕХ» покупало ежегодно тысячами блочные разрядники разных типов, преимущественно фирмы Phoenix Contact, и применяло их в комплексных помехозащитных изделиях, производимых предприятием. Для купленных разрядников осуществлялся сплошной входной контроль напряжения срабатывания и тока утечки и выборочный контроль всех характеристик. Результаты выборочного контроля показывали явное несоответствие заявленных фирмой-производителем характеристик, они были значительно завышены.

Отрицательный опыт работы с импортными блочными разрядниками привел к тому, что специалисты ЗАО «ЭМСОТЕХ» стали с большой осторожностью относиться к характеристикам разрядников, декларируемых их производителями. Была выполнена научно-исследовательская работа по проверке характеристик разрядников большинства иностранных производителей, имеющих в России хорошо организованные сбытовые сети и ведущих активную рекламную деятельность в интернете. Оказалось, не смотря на наличие сертификатов, подтверждающих соответствие разрядников требованиям ГОСТ Р 51992-2002 [2] по результатам испытаний в специализированных лабораториях, большинство из проверенных нами

разрядников различной конструкции имеют многократно завышенные характеристики и являются одноразовыми изделиями.

Для примера, при импульсных воздействиях на импортные разрядники наблюдались следующие дефекты:

Разрядник HS45 фирмы Hakel (60 кА):

- при воздействии током в 92 раза меньше допустимого значения появлялись незначительные механические повреждения (смещение изолирующих колец), пользователем такие дефекты не диагностируются;

- при воздействии током в 6 раз меньше допустимого значения появились необратимые механические повреждения (расколоты угольные диски, часть соседних дисков замкнулось через обломки дисков), пользователем такие дефекты не диагностируются;

- при воздействии током в 1,2 раза меньше допустимого значения произошло полное разрушение разрядника, сочетанное с недопустимым электрическим режимом работы (перекрытие выводов);

- для перенапряжения 10/5000 мкс время срабатывания увеличилось в 120 раз.

Разрядник DB 1 255 H фирмы DEHN (50 кА):

- для перенапряжения 1/50 мкс, при кратности перенапряжения 2…3, время срабатывания в 30…70 раз больше паспортного значения.

- при воздействии током в 5 раз меньше допустимого значения наблюдались пропуски разрядов, что свидетельствовало о наличии существенных повреждений в разряднике с разрывом электрической цепи;

- видимое снаружи состояние разрядника после испытаний удовлетворительное, после вскрытия металлической капсулы было выявлено полное разрушение разрядника с расплавлением деталей его конструкции.

Самый плохой из испытанных нами капсулированных разрядников, его параметры завышены изготовителем примерно в десять раз.

Разрядник SP 120 фирмы Hager (50 кА):

- при допустимых импульсных воздействиях электродная система и изоляторы разрушились, материал, из которого они сделаны, расплавился и его каплями заполнен объем капсулы, изменились в сторону ухудшения все основные параметры.

Разрядник типа FLT 100-260 фирмы Phoenix Contact (100 кА):

- разрушился при воздействии разряда с током, амплитуда которого в 2,5 раза меньше допустимого значения;

- при слабых воздействиях выявилось нестабильное поведение разрядника, когда импульсное напряжение пробоя менялось в несколько раз;

- три воздействия, амплитуда тока которых была в 2,5 раза меньше допустимой, увеличили зазор между электродами разрядника в 5 раз;

- при каждом из таких воздействий провода медные многожильные сечением 25 мм^2, оконцованные латунной гильзой, обжатой немецким фирменным инструментом (фирмы Phoenix Contact), затянутые в стальную

клемму разрядника с калиброванным моментом, выдергивались электродинамическими усилиями с двух сторон блока разрядника.

Разрядник FLT 35-260 фирмы Phoenix Contact (35 кА):

- при воздействиях током в 2,7 раза меньше допустимого значения была разорвана на части пластмассовая оболочка разрядника.

Испытания, проведенные в лаборатории ЗАО «ЭМСОТЕХ», показали, что разрядники работают без механических повреждений пластмассовой оболочки, если максимальный импульсный разрядный ток в 7 раз ниже значения, заявленного фирмой Phoenix Contact.

Разрядник FLT 5-400 фирмы Phoenix Contact (25 кА):

- для перенапряжения 10/5000 мкс время срабатывания увеличилось в 170 раз;

- при воздействии с зарядом в 50-60 раза меньше допустимого разрядник получил необратимые повреждения (сильная металлизация и частичное разрушение перегородки между электродами), после которых его статическое пробивное напряжение снизилось с 4 кВ до 1 кВ, и не возрастало даже после механической очистки перегородки от металлизирующей ее поверхность пленки;

- при воздействии разрядным током в 2,6 раза меньше допустимого разрядник получил механические повреждения (оторвалась перегородка, фиксирующая зазор между электродами, и разлетелся на части ее пластмассовый держатель).

Управляемый разрядник FLT-PLUS-CTRL-1,5 фирмы Phoenix Contact (50 кА):

- при воздействии током в 1,5 раза меньше допустимого значения, разрядник взорвался, разрушился корпус, испарились соединительные проводники от электродов к печатной плате схемы управления.

Для иллюстрации результатов испытаний на фотографиях рис. 1 показана начинка импортных разрядников до и после испытаний. Для сравнения на рис. 2 показано состояние до и после испытаний разрядника РГЗН-3/25-220 ЗАО «ЭМСОТЕХ» на допустимый разрядный ток 25 кА (10/350 мкс) - в ходе испытаний разрядник 10 раз подвергался допустимому воздействию разрядным током 25 кА; дополнительно показан разрядник того же типа, выдержавший 10 разрядов с током 60 кА (то есть при энергии в 5…6 раз больше допустимой). Отметим, что самые мощные из наших разрядников РГЗН-3/100-220 на допустимый разрядный ток 100 кА (10/350 мкс) прошли испытания 10-ю разрядами током 500 кА и после этого сохранили работоспособность.

Разницу в состоянии импортных и отечественного разрядника после испытаний можно не комментировать. Результаты испытаний отражают одно из основных положений советской школы конструирования: «Запас карман не тянет». Именно поэтому ЗАО «ЭМСОТЕХ» дает гарантии на разрядники, эквивалентные сроку службы электрооборудования защищаемого объекта. У западных фирм подход иной: проектировать недорогие элементы защиты с

ограниченным сроком службы (одноразовые), которые необходимо в процессе эксплуатации постоянно диагностировать и периодически менять на новые, а эти услуги приносят большой доход. В условиях России с ее разветвленными и протяженными электрическими сетями следует применять разрядники с ресурсом, как у защищаемого оборудования.

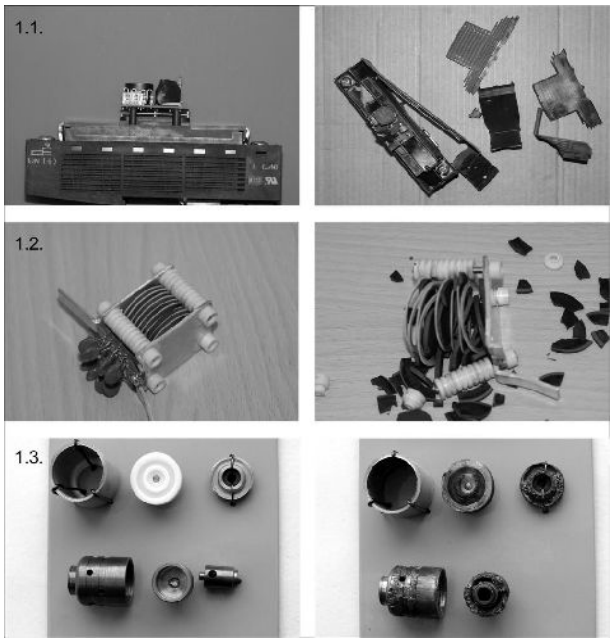


Рис. 1. Импортные разрядники до и после испытаний:
1.1. Управляемый разрядник FLT-PLUS-CTRL-1,5 фирмы Phoenix Contact (50 кА).
1.2. Разрядник HS45 фирмы Hakel (60 кА).
1.3. Разрядник DB 1 255 H фирмы DEHN (50 кА).

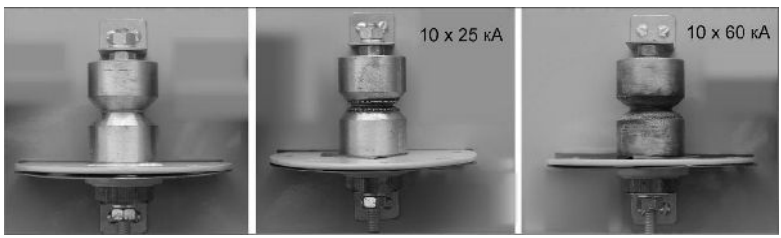


Рис. 2. Разрядник РГЗН-3/25-220 ЗАО «ЭМСОТЕХ» (25 кА) до и после испытаний 10-ю разрядами током 25 кА (10/350 мкс) и 10-ю разрядами током 60 кА (10/350 мкс).

Почему характеристики импортных разрядников завышены?

Подозревать ведущие фирмы мира в солидарном завышении характеристик разрядников ради рекламы было бы проявлением неуважения к конкурентам, такая позиция в основе своей деструктивна. Импортные разрядники разрушаются при импульсных воздействиях по иной причине.

Немногим специалистам в области грозозащиты известны серьезные разногласия между отечественной и зарубежной научной школой изучения молнии в отношении методов испытания грозозащитных устройств, основанные, прежде всего, на возможности технической реализации имитаторов разряда молнии.

При разработке имитаторов разряда молнии отечественная научная школа исходит из того, что разряд молнии инициируется эквивалентным источником тока, имеющим большое внутреннее сопротивление. В современных работах [3] принимается оценка сопротивления канала разряда порядка 300 Ом, основанная на волновом характере протекания процессов при разряде молнии. Источник тока молнии при испытаниях моделируется емкостным накопителем, который позволяет за короткий промежуток времени отдать большую импульсную мощность испытуемому элементу грозозащиты. Емкостному накопителю при его зарядке через высоковольтный выпрямитель передается заряд $Q=CU$ *(Ac)*, соответствующий имитируемой фазе разряда молнии, и этот заряд при разрядке емкостного накопителя через формирующие цепи передается испытуемому устройству грозозащиты. Простейшая формирующая цепь состоит из последовательного сопротивления, снижающего зависимость параметров разряда от сопротивления испытуемого разрядника, схема имитатора показана на рис. 3.

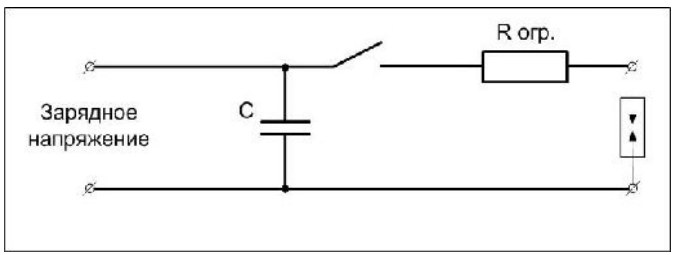


Рис. 3. Схема имитатора с прямым разрядом емкостного накопителя.

Производители импортных разрядников испытывают их на своих имитаторах по стандарту МЭК 62305-1-2006 [4]. Однако в имитаторе по этому стандарту, формирующему тока разряда молнии с формой волны 10/350 мкс, емкостному накопителю (емкостью 20 мкФ) при зарядке от высоковольтного выпрямителя передается заряд $Q=CU$ *(Ac)* в десятки раз

меньше того «расчетного заряда», который приведен в стандарте. Начальный заряд нужен только на время 10 мкс, когда через разрядник заряжается энергией катушка индуктивности, затем емкостной накопитель замыкается управляемым ключом, и катушка индуктивности формирует спад тока длительностью 350 мкс. Схема такого имитатора показана на рис. 4. При этом заряд *Q*, протекающий через разрядник, рассчитывается теоретически и оказывается в десятки раз больше начального заряда емкостного накопителя. У имитатора такой схемы нарушается энергетический режим испытаний, в результате чего к разряднику подводится энергия намного меньше той, которая возникает при разряде молнии. Условия испытания разрядников на имитаторах по МЭК оказываются намного мягче, чем при прямом разряде емкостного накопителя, как принято в отечественной школе грозозащиты. Однако отечественные имитаторы с прямым разрядом емкостного накопителя намного дороже, чем имитаторы по стандарту МЭК 62305, поэтому последние получили более широкое распространение.

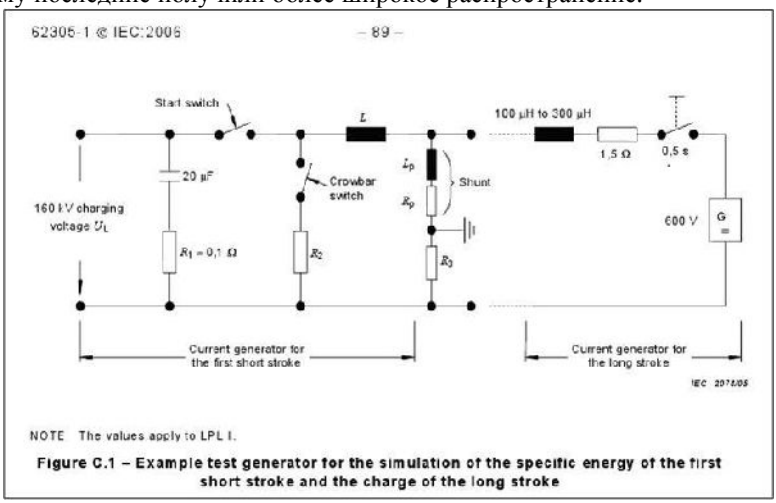


Figure C.1 – Example test generator for the simulation of the specific energy of the first short stroke and the charge of the long stroke

Рис. 4. Схема имитатора по стандарту МЭК 62305.

Отметим, что ЗАО «ЭМСОТЕХ» это одно из немногих в России предприятий с частной формой собственности, которое создало и развивает дорогостоящую испытательную базу в области молниезащиты и других электромагнитных воздействий [5]. В лаборатории имеется оба типа имитаторов, причем у имитатора тока разряда молнии (с прямым разрядом емкостного накопителя на нагрузку) ток короткого замыкания достигает 700 кА, этот имитатор является одним из трех имеющихся в Европе. На имитаторе по стандарту МЭК 62305 импортные разрядники проходят испытания и их экспериментальные характеристики в основном соответствуют

паспортным характеристикам (несоответствие проявляется, например, по времени срабатывания). Однако при испытаниях на имитаторе с прямым разрядом емкостного накопителя, при тех же значениях пикового тока, все проверенные импортные разрядники разрушились.

Но нельзя все беды импортных разрядников относить исключительно на условия испытаний. В большинстве изученных нами конструкций импортных разрядников содержатся серьезные ошибки, свидетельствующие о недостаточном понимании их разработчиками физических процессов, происходящих в разрядниках.

Один из ярких примеров – управляемый разрядник FLT-PLUS-CTRL-1,5 фирмы Phoenix Contact, который при испытаниях взорвался с разрушением корпуса и испарением проводников, идущих от схемы управления к поджигающему электроду. Конструкция этого разрядника показана на рис. 5, а схема взаимодействия электромагнитных сил в нем – на рис. 6.

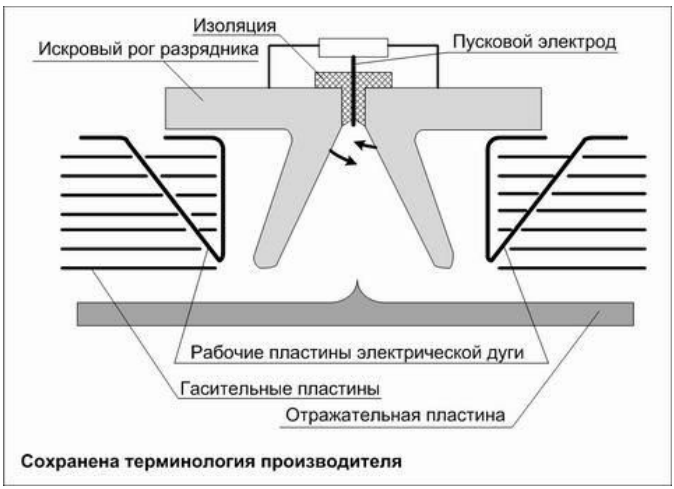


Рис. 5. Конструкция управляемый разрядник FLT-PLUS-CTRL-1,5 фирмы Phoenix Contact.

На схеме рис. 6 электроды разрядника обозначены «P», по токоподводам к ним протекает ток разряда молнии «I».

Задача для студентов: Определить, в направлении «A» или «B» на схеме рис. 6 будет двигаться дуга импульсного тока между электродами разрядника.

Ответ: в соответствии с «правилом левой руки» дуга импульсного тока между электродами разрядника будет двигаться в направлении «A»,

где расположена печатная плата с электроникой схемы управления, перекроет ее выводы разрядом и разрушит корпус разрядника. В правильно спроектированном разряднике электромагнитные силы должны обеспечивать движение дуги импульсного тока «I» в направлении «B», растягивая ее на «рогах» электродов и загоняя в дугогасительную решетку.

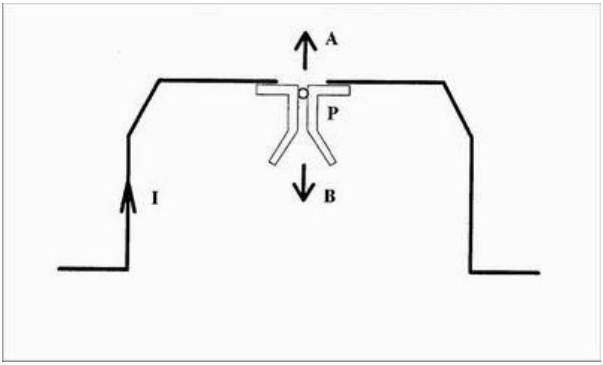


Рис. 6. Схема взаимодействия электромагнитных сил в разряднике.

В разрядник DB 1 255 H фирмы DEHN та же ошибка. Заложенная в его конструкцию идея оригинальна: грозовым разрядом инициируется дуга в миниатюрном генераторе плазмы, затем длинная дуга стабилизируется, обжимаясь собственным полем. Однако в такой схеме плазменный столб устойчив при осесимметричной конструкции и она в разряднике именно такая, но после компоновки разрядника в красивый блочный пластмассовый корпус появилась петля тока. Магнитное поле от этой петли, взаимодействуя с током дуги, выгибает ее в генераторе плазмы, в результате чего дуга касается деталей разрядника и как плазменный резак разрушает элементы конструкции. Кроме того, длинная дуга при относительно слабых токах формируется долго, поэтому при малых токах и низких кратностях перенапряжений (но с опасными для электроники значениями) время срабатывания разрядника возрастает настолько, что его использование для защиты становится проблематичным.

Конструкция разрядников фирмы Hakel содержит несколько ошибок. Укажем только на одну из них. Схема емкостного распределения напряжения между угольными дисками многоэлектродного разрядника рассчитана на импульсы напряжения с фронтом 1 мкс и менее. В результате для импульсов с более пологим фронтом (а они в природе существуют) время срабатывания разрядника возрастает в десятки и сотни раз. За это время перенапряжение преодолевает защиту и поражает защищаемый объект.

Ряд отечественных лабораторий, проверявших импортные разрядники, получили аналогичные результаты.

Иногда в рекламных материалах зарубежных производителей разрядников их характеристики завышаются настолько, что объяснить их появление можно только непониманием их авторами основных положений МЭК 62305, касающихся вопросов энерговыделения в разрядном промежутке. Проиллюстрируем это утверждение примером.

В приложении D.4.1.2 стандарта МЭК 62305 обращается внимание разработчиков разрядников на то, что заряд электрического тока молнии, прошедший через сопротивление плазмы разрядного промежутка грозозащитного разрядника, может выделять на нем опасную для разрядника энергию

$$W=u_{ac}Q,$$

где u_{ac} - падение напряжения между катодом и анодом, В; Q – заряд, Ас.

В первом приближении, можно принять, что приводимое в каталогах по разрядникам падение напряжения на разряднике при протекании максимального импульсного тока (напряжение защиты) равно падению напряжения между катодом и анодом электродной системы разрядника $U_p = u_{ac}$.

Интересно оценить, какую энергию могут рассеять разрядники, если принимать на веру значения заряда и напряжения защиты, приводимые в каталожных данных.

Тип разрядника	HS45	HS100	HZ110
Заряд, Ас	30	50	55
Напряжение защиты, кВ	1,3	2	2,5
Энергия, кДж	39	100	137,5
Сколько грамм меди может испарить энергия в разрядном промежутке	**8**	**22**	**30**
Скольким граммам тротила эквивалентна энергия в разрядном промежутке	**10**	**25**	**34**

В таблице приведен расчет энергии, которая может выделиться в разрядном промежутке, если ориентироваться на каталожные данные разрядников (на примере каталога грозозащитных устройств фирмы Hakel 2009 года, с. 22-24). Для сравнения в таблице приведено количество меди или вольфрама (у них одинаковая теплота испарения 4600 Дж/г), которое

может испариться в разряднике при одном разряде, и количество тротила (энергия взрыва около 4000 Дж/г), взрыв которого эквивалентен значению энергии в разряднике, рассчитанному по каталожным данным.

Оценить полученные расчетные значения энергии в тротиловом эквиваленте можно по следующим данным: в известной гранате типа Ф-1 «лимонка» содержится 50-60 грамм тротила, радиус разлета осколков ее чугунного корпуса до 200 метров. Вряд ли пластмасса корпусов блочных разрядников прочнее чугуна, скорее всего каталожные данные по допустимому электрическому заряду завышены раз в 10.

Мы намеренно значительно упрощаем описание особенностей формирования переходных процессов в разрядниках, чтобы специалисты могли понять их с опорой на классическую теорию электричества. На самом же деле емкостной электрический разряд совершенно не похож на разряд катушки индуктивности, потому что в первом случае цепь замкнута через нечто, похожее на токи смещения, а во втором случае – через токи проводимости. Ряд наших исследований показал, что наиболее скоростная (практически безинерционная) фаза передачи электрического заряда с электрода на электрод разрядника протекает еще до того, как возник видимый глазу искровой разряд, но это свойство присуще только емкостному разряду, а импортные разрядники испытываются на установках, создающих индуктивный разряд.

Хотелось бы обратить внимание специалистов на некоторые из распространенных заблуждений в отношении разрядников, формируемых рекламой западных производителей. К их числу относятся следующие утверждения:

1. Особенно хороши управляемые разрядники с низким порогом срабатывания, вплоть до значений менее 1 кВ.
2. Разрядники могут гасить дугу сопутствующего тока также хорошо, как автоматические выключатели и предохранители.
3. Искровые разрядники можно без потерь в качестве грозозащиты заменить так называемыми «Варисторными разрядниками».
4. Лучшие разрядники – с угольными электродами.
5. Лучшие разрядники могут пропустить ток разряда молнии в десятки кА, и применять их можно в шкафах с предохранителями на номинальный ток в десятки А.

Библиографический список

1. Сухоруков С.А. Анализ грозовых поражений оборудования необслуживаемого регенерационного пункта оптоволоконной магистральной

линии связи. − Технологии ЭМС. – 2011. – № 3. − С. 89−95.

2. ГОСТ Р 51992-2002 (МЭК 61643-1-98) Устройства для защиты от импульсных перенапряжений в низковольтных силовых распределительных системах. Часть 1. Требования к работоспособности и методы испытаний. – М.: Изд-во стандартов, 2003. – 49 с.

3. Базелян Э.М., Райзер Ю.П. Физика молнии и молниезащиты. – М.: Физматлит, 2001. – 319 с.

4. IEC 62305-1-2006. Protection againt lightning. Part 1: General principles. – 2006. – 135 p.

5. Сухоруков С.А., Горячевский В.В. Лаборатория ЗАО «ЭМСОТЕХ» по исследованию устойчивости технических средств к преднамеренным силовым электромагнитным воздействиям. – Технологии ЭМС. – 2011. – № 3. − С. 46−51.

6. Таев И.С. Электрические аппараты управления (и распределительных устройств). – М.: Высш. Школа, 1969. – 444 с.

7. Сухоруков С. А. Разрядник грозозащитный. Патент РФ на изобретение № 2328066. 2008.

8. Защити! Помехозащитные устройства ЗАО «ЭМСОТЕХ». Каталог продукции. – Калуга, 2011. – 52 с.

9. Сухоруков С.А. Грозовые и коммутационные перенапряжения в сетях электропитания. Методы защиты подстанций и потребителей. Аппаратура защиты потребителей со стороны питающих подстанций. Комплексные устройства для обеспечения качества электричества потребителей. Молниезащита и заземляющие устройства. – Калуга, 2009. – 44 с.

NOT ALL DISCHARGERS ARE THE SAME

Sukhorukov S., Goryachevsky V., EMCOTEC State Kaluga
e-mail: emcotec@yandex.ru, emcotec-baza@yandex.ru

Abstract. The article shows the results of imported lightning arresters tests. It is shown that all tested arresters are the disposable products collapsing at pulse influences much more below passport characteristics. Errors in the designs of the arrester promoting their fast destruction are analyzed. A number of positions of IEC 62305-1-2006 are criticized. Some of advertising statements concerning import arresters which are unacceptable in real practice is criticized. The basic information about design and principles of arresters with the long resource, developed by JSC “EMCOTEC”, are supplied.

Keywords. Lightning arrester, lightning discharge, IEC 62305-1-2006

УДК 621.3.05

РАЗРЯДНИКИ БЫВАЮТ РАЗНЫЕ
Часть 2

С.А. Сухоруков, В.В. Горячевский

ЗАО «ЭМСОТЕХ», г. Калуга, Россия
e-mail: emcotec@yandex.ru, emcotec-baza@yandex.ru

Аннотация. Приводятся результаты испытаний грозозащитных разрядников зарубежного производства. Показано, что все испытанные разрядники являются одноразовыми изделиями, разрушающимися при импульсных воздействиях, намного ниже паспортных характеристик. Анализируются ошибки в конструкции разрядников, способствующие их ускоренному разрушению. Критикуется ряд положений стандарта МЭК 62305-1-2006. Критикуется ряд рекламных утверждений в отношении разрядников зарубежного производства, которые неприемлемы на практике. Даны основные сведения о конструкции и принципах работы разрядников с большим ресурсом работы, разработанных ЗАО «ЭМСОТЕХ».

Ключевые слова. Грозозащитный разрядник, грозовой разряд, МЭК 62305-1-2006

Почему нельзя верить рекламным утверждениям, относящимся к разрядникам?

1. Особенно хороши управляемые разрядники с низким порогом срабатывания, вплоть до значений менее 1 кВ.

Чем вызвана необходимость в применении управляемых разрядников с низким порогом срабатывания (обычно 0,9…1,5 кВ)? Основная схема применения разрядников в схемах грозозащиты электронного оборудования – двухступенчатая, показана на рис. 7. Первая ступень – разрядник, вторая ступень – варистор, селективность их срабатывания обеспечивается развязывающим дросселем (либо отрезком кабеля).

В схеме разрядник срабатывает при возникновении грозового перенапряжения и отводит ток разряда молнии на землю, варистор ограничивает до безопасного уровня импульс перенапряжения до момента пробоя разрядника, а дроссель на короткое время не дает варистору зашунтировать перенапряжение и тем самым обеспечивает срабатывание разрядника. Если варистор ограничивает импульсное перенапряжение до 1 кВ, а разрядник срабатывает при 4 кВ, то индуктивность дросселя должна быть такой, чтобы на нем возникало падение импульсного напряжения не менее 3 кВ. Если перенапряжение нарастает медленно, то приходиться увеличить

индуктивность дросселя, но моточные элементы дороги, да и размеры их велики. Такие дроссели сложно выполнить в конструктивах, предназначенных для монтажа на DIN-рейки. А разрядники производят в основном «корпусировщики», то есть фирмы, специализирующиеся на производстве пластмассовых корпусов и упаковке в них различных устройств. Дроссель с большой индуктивностью, большим номинальным и импульсным током в пластмассовый корпус не упаковать. Конструкторская мысль западных производителей разрядников пришла к идее применения управляемых разрядников, напряжение срабатывания которых было бы ниже напряжения ограничения варисторов, и тогда варистор и разрядник срабатывали бы независимо, что позволяет исключить дроссель из схемы грозозащиты. Однако «У каждой медали есть оборотная сторона».

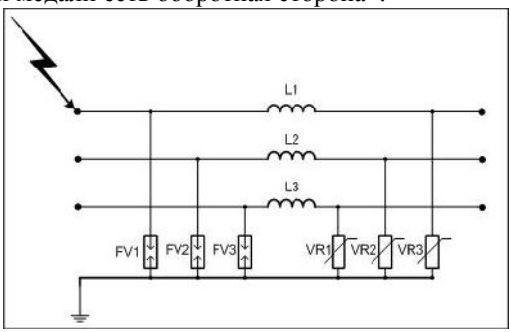


Рис. 7. Двухступенчатая схема защиты с разделительным дросселем.

Грозовые импульсные перенапряжения с амплитудой до 10…30 кВ, при которых срабатывают *неуправляемые* разрядники с напряжением пробоя 4 кВ, возникают несколько раз в год. Столько же раз будут возникать короткие замыкания в электроустановке, обусловленные срабатыванием разрядников.

Импульсные коммутационные перенапряжения (ИКП) с амплитудой в единицы киловольт возникают гораздо чаще. В сетях электропитания предприятий ИКП с амплитудой более 1 кВ возникают ежедневно, порою при каждом включении и выключении оборудования. Соответственно, существенно возрастает вероятность срабатывания *управляемых* разрядников, например, с напряжением пробоя 0,9 кВ. Каждое срабатывание разрядника – это короткое замыкание в сети электропитания. В результате применение управляемых разрядников с низкими порогами срабатывания приводит к возрастанию количества провалов напряжения, сопутствующих им перенапряжений при восстановлении напряжения, и росту числа отключений цепей потребителей из-за срабатывания максимально-токовой

защиты электроустановок. Жизнь энергетика предприятия может превратиться в сплошной кошмар.

2. Разрядники могут гасить дугу сопутствующего тока также хорошо, как автоматические выключатели и предохранители.

Предохранители или автоматические выключатели изначально разрабатываются, как токоограничивающие устройства защиты, которые в силу особенностей своей конструкции стремятся как можно быстрее отключить аварийную цепь. При коротких замыканиях с максимальной кратностью они отключают ток короткого замыкания за время, меньшее 10 мс (полпериода для частоты тока 50 Гц). Грозозащитный разрядник классической конструкции по внешним признакам системы электродов, формирующих дугу сопутствующего тока, похож на автоматический выключатель, но физика явлений на электродах кардинально различается. Например, разрядник может иметь роговидные электроды, по форме напоминающие контакты в автоматическом выключателе, и может иметь дугогасящую (деионизирующую) решетку, такую же, как в автоматическом выключателе. Однако для того, чтобы ограничить ток короткого замыкания, контакты в автоматическом выключателе под действием пружинного механизма быстро расходятся на большие расстояния, дуга растягивается механически и действием электромагнитных сил принудительно загоняется в дугогасящую решетку, в которой, по определению, и гаснет.

В разряднике все иначе.

Во-первых, в разряднике контакты (электроды) неподвижны, поэтому дуга механически не растягивается, и начальный межэлектродный зазор (около 1 мм) может быть перекрыт как перенапряжением при обрыве дуги, так и облаком ионизированной плазмы, из-за этого процесс гашения дуги может затянуться во времени.

Во-вторых, в разряднике электромагнитные силы могут и не способствовать выдуванию дуги из разрядного промежутка (мы имели возможность в этом убедиться на примере неудачной конструкции разрядников фирмы Phoenix Contact), а действовать в диаметрально противоположном направлении, задувая дугу в маленький зазор, предназначенный не для гашения дуги, а для формирования начального искрового разряда.

В-третьих, электромагнитные усилия, воздействующие на дугу сопутствующего тока, очень велики, когда на сопутствующий ток накладывается большой импульсный разрядный ток. Импульсный ток выдувает дугу из узкой щели на рога с большим межэлектродным зазором, длинная дуга сопутствующего тока интенсивнее охлаждается и быстрее гасится. При малых импульсных токах дуга сопутствующего тока буквально «прилипает» к электродам разрядника и относительно слабого сопутствующего тока оказывается недостаточно для ускорения дуги до тех значений скоро-

сти, при которых она гаснет из-за охлаждения набегающим потоком воздуха.

В-четвертых, по ГОСТ 51992 в испытуемом разряднике время гашения сопутствующего тока не контролируется, лишь бы «сквозной ток был самозатухающим». Самозатухание сопутствующего тока проверяется только при максимальном его значении, а гасится сопутствующий ток хуже всего при низких значениях тока, когда малы силы, затягивающие дугу в дугогасящую решетку. Главное требование стандарта, чтобы при таких испытаниях разрядник не имел механических разрушений и на протяжении интервала охлаждения разрядника (25…30 мин.) была «достигнута тепловая стабильность».

В-пятых, одна из составляющих разряда молнии с током в сотни ампер имеет форму прямоугольного импульса (однополярного) длительностью до 0,5 с. Это постоянный ток, который гасится очень плохо и медленно, он не дает дуге сопутствующего тока частотой 50 Гц погаситься при переходе через ноль.

Поэтому разрядник вовсе не обязан гасить дугу с токоограничивающим эффектом. Погасит разрядник дугу, например, за 5 секунд, и при этом механически не разрушится и не перегреется, и хорошо, испытания по ГОСТ 51992 он выдержал. То, что при этом на защищаемом объекте из-за многократных (за грозовой сезон) коротких замыканий и связанных с ними нарушений в работе электроустановок, выйдет из строя несколько единиц оборудования – не проблема поставщика грозозащитных разрядников. Виноват проектант, который не предусмотрел всех нюансов систем грозозащиты и понадеялся на иностранную рекламу и громкие имена фирм. Проектант должен знать - система дугогашения в разряднике может быть очень качественной и на большой сопутствующий ток, но полностью полагаться на нее нельзя, первостепенная задача для разрядника – ток молнии отвести на землю, а дугу разрядники гасят плохо.

3. Искровые разрядники можно без потерь в качестве грозозащиты заменить так называемыми «варисторными разрядниками».

«Варисторные разрядники», как бы их не называли, по природе своей остаются теми же варисторами, но упакованными в модули, иногда напоминающие корпуса искровых разрядников. В отличие от искровых разрядников, варисторы имеют опасно высокое остаточное напряжение при протекании больших токов и не справляются с длительными импульсами. Например, остаточное напряжение самого большого варистора с диаметром активной части 80 мм на рабочее напряжение 380 В составляет единицы киловольт для тока 10 кА, а импульс тока 10/350 мкс, 5 кА он в состоянии пропустить, но лишь однократно.

ЗАО «ЭМСОТЕХ» относится к числу немногих предприятий России,

которые испытывали «варисторные разрядники» Strikesorb с диаметром активной части 40 мм и 80 мм. Можем утверждать, что никаких выдающихся характеристик (кроме цены) в сравнении с обычными варисторами «варисторные разрядники» не имеют и попытка заменить ими грозозащитные разрядники заведомо обречена на неудачу.

4. Лучшие разрядники – с угольными электродами.

Специалистам в области разработки сильноточных разрядников для грозозащиты силовых сетей электропитания известно, что *самый плохой материал* для таких разрядников – *уголь*, а самые хорошие материалы – цинк, алюминий, олово и сплавы на их основе.

Все дело в физике явлений на электродах.

Для того чтобы разрядник быстро отреагировал на возникновение перенапряжения и замкнул пораженную молнией цепь на землю, он должен иметь как можно меньшее время задержки срабатывания после возникновения на его электродах напряжения, достаточного для пробоя межэлектродного зазора. Для быстрого формирования электронной лавины и начального тока дуги нужно много электронов, которые извлекаются электрическим полем из материала электрода. Цинк, алюминий, олово и сплавы на их основе имеют низкие значения работы выхода электронов, то есть полю легко извлекать из этих материалов электроны. Уголь имеет высокое значение работы выхода электронов, то есть электрическому полю трудно извлекать из него электроны, необходимая их концентрация формируется дольше, велико время задержки срабатывания. В результате разрядник может сработать уже после того, как электроника поражена перенапряжением.

После того, как разрядник сработал от перенапряжения, через него начинает протекать сопутствующий ток 50 Гц, разрядник должен его погасить.

Существует понятие критического значения тока дуги [6], при котором нагретые основания дуги на разных материалах электродов мгновенно (за 1 мкс) охлаждаются до температуры 800…850 К, при которой отсутствует термоэлектронная эмиссия. Основания дуги за этим переходом могут стать практически мгновенно «холодными», не испускающими электронов термоэмиссии со своей поверхности. При снижении тока дуги ниже критических значений происходит скачкообразное (мгновенное) восстановление прочности электрического промежутка при переходе тока через ноль. Высокое критическое действующее значение тока (для частоты источника тока 50 Гц, времени горения дуги 10 мс) у серебра и меди – 210 А и 165 А, а самое низкое критическое значение тока у угля – 2 А. Поэтому контакты аппаратов защиты низкого напряжения изготавливают из серебра или меди, и поэтому погасить дугу на угольных электродах намного сложнее, чем

на электродах из металлов.

Истории электротехники известна «Свеча Яблочкова» в которой дуга переменного тока горела, не затухая, между параллельными стержневыми угольными электродами. Это хорошая иллюстрация «дугогасящих свойств» угольных электродов.

5. Лучшие разрядники могут пропустить ток разряда молнии в десятки кА, и применять их можно в шкафах с предохранителями на ток в десятки А.

Открываем каталог продукции фирмы DEHN, читаем: разрядник DB 1 255 H может пропустить ток молнии 50 кА (10/350 мкс), а его способность ограничить сопутствующий ток настолько хороша, что разрядник не вызывает срабатывания предохранителя 32 А gL/gG. О том, что этот разрядник не способен пропустить такой ток молнии мы уже говорили (расплавилась начинка разрядника). Открываем рекомендации по применению продукции той же фирмы DEHN, читаем: предохранитель на ток 32 А при импульсном токе 15 кА взрывается, а при токе 4 кА начинает плавиться его вставка и на ней дополнительно возникает падение напряжения до 2 кВ. Проверяли неоднократно: предохранитель на ток 32 А разных производителей перегорает при воздействии импульса тока более 5 кА (8/20 мкс). То есть даже при удаленных разрядах молнии, когда нет опасности для электроустановки, разрядник сработает, а следом предохранитель перегорит не из-за сопутствующего тока, а из-за импульсного тока. В результате схема защиты становится одноразовой, а возможности дорогостоящего разрядника не будут использоваться в полной мере. Если же молния попала в электроустановку, то предохранитель превращается в эквивалентный по объему плавкой вставки кусок взрывчатки со всеми вытекающими отсюда последствиями для шкафа с электрооборудованием.

Для справки: предохранитель Курского завода типа ПП32 с отключающей способностью 100 кА, на номинальный ток 400 А, перегорает при воздействии импульса тока более 25 кА (10/350 мкс) и взрывается с разрушением корпуса при импульсном токе порядка 50 кА (слишком велика скорость выделения энергии, хотя импульсный ток в два раза меньше допустимого ударного тока). То есть даже с таким предохранителем возможности дорогостоящего разрядника не будут использоваться в полной мере.

В результате проделанной НИОКР мы в продукции ЗАО «ЭМСОТЕХ» прекратили применять импортные сильноточные разрядники, и разработали для своих изделий оригинальную конструкцию разрядника [7], в наибольшей степени удовлетворяющего требованиям грозозащиты в условиях России. На рис. 8 показана конструкция разрядника и фотографии серийных изделий.

В разряднике искровой разряд развивается по поверхности изоляции из

диэлектрика, расположенного в зазоре между электродами. Ограниченный за счет смещения края изоляции (в глубину межэлектродного промежутка) объем в зоне начального формирования сильноточного разряда приводит к повышению давления и, соответственно, температуры металлической плазмы в зоне разряда. Горячая металлическая плазма воздействует на поверхность диэлектрика изолятора. При воздействии высоких температур, возникающих при сильноточном искровом разряде, на поверхность диэлектрика, обладающего плазмогенерирующими свойствами, например, фторопласта, возникает неметаллическая фтороводородная плазма. Слой фтороводородной плазмы оттесняет металлическую плазму от поверхности изолятора и с высокой скоростью вытесняет ее из щелевого зазора, образованного между электродами за счет смещения края изоляции. За счет определенной формы щели она работает подобно соплу реактивного двигателя. При этом из ядра формирования плазменного разряда возникает плазменный сгусток в пространстве между поверхностью диэлектрика изолятора и дугой с металлической плазмой. Он выталкивает металлическую плазму из зазора в направлении от поверхности диэлектрика изолятора, а также формирует две струи фтороводородной плазмы, распространяющиеся из области высокого давления в зоне формирования плазменного сгустка, в зоны низкого давления вдоль зазора между электродами и вдоль поверхности диэлектрика изолятора. Эти две струи плазмы защищают поверхность диэлектрика изолятора, примыкающую к зоне разряда и одновременно существенно расширяют площадь пятен контакта дуги на электродах, снижая сопротивление разрядника и уменьшая нагрузку на электроды. На фотографии рис. 2 (средняя картинка) по характеру электрической эрозии искрового промежутка хорошо видно, что в нем формируется многоканальный разряд. Высокотемпературная изоляция поверхности диэлектрика изолятора с помощью фторводородной плазмы от дуги с металлической плазмой обеспечивает самоочистку поверхности диэлектрика изолятора.

Одновременно фтороводородная плазма, распространяющаяся из области высокого давления, выносит из зазора расплавленный металл электродов, не позволяя развиваться микронеровностям на поверхности электродов в зазоре. Отсутствие микронеровностей в зазоре позволяет стабилизировать напряжение срабатывания разрядника, определяемого величиной зазора.

Разряды импульсного тока сопровождаются микровзывами, уносящими за пределы разрядника часть металла электродов и часть испарившегося изолятора. Описанные процессы самоочистки поверхности изолятора и электродов разрядника позволяют повысить стабильность его работы и увеличить ресурс до значений, обеспечивающих срок службы 10-20 лет в районах с максимальной грозовой активностью.

В дальнейшем процесс развивается, как в обычных разрядниках: под

действием механической силы, обусловленной взаимодействием тока и созданного им магнитного поля, дуга разряда растягивается по конической поверхности электрода и при растяжении гасится самостоятельно (за счет охлаждения) или с помощью специальной системы гашения дуги. Так как искровой промежуток в разряднике кольцевой формы, то независимо от формы токовой петли «правило левой руки» выдавливает дугу в нужном направлении – от искрового промежутка в сторону дугогасящей системы. Так как электроды разрядника выполнены из материала с высоким критическим действующим значением тока, то при малых токах (сотни и тысячи ампер), когда электромагнитных сил недостаточно для того, чтобы загнать дугу в дугогасящую решетку, дуга гаснет самостоятельно. Процесс включения разрядника и гашения слаботочной дуги иллюстрируют осциллограммы на рис. 9.

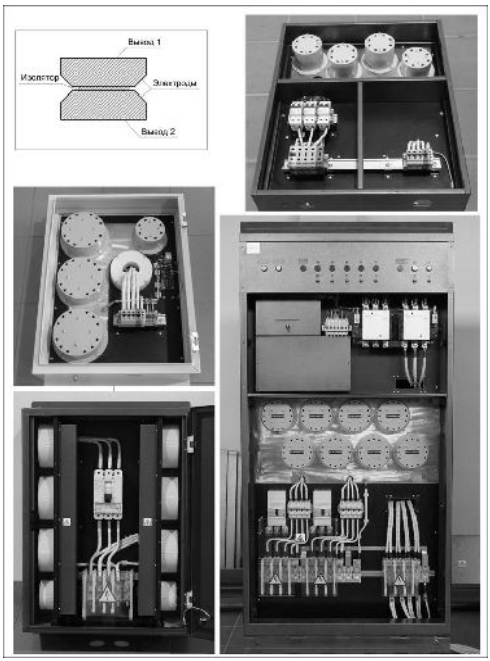


Рис. 8. Конструкция разрядника ЗАО «ЭМСОТЕХ» и фотографии серийных изделий на их основе (под схемой разрядника – панель грозозащиты с датчиком тока и регистратором срабатываний разрядников; ниже – панель грозозащиты с резервированием разрядников; справа от схемы разрядника – панель грозозащиты малоэтажных интеллектуальных зданий; ниже – автоматический ввод резерва АВР-125-Г с панелью грозозащитных разрядников по основному и резервному фидерам).

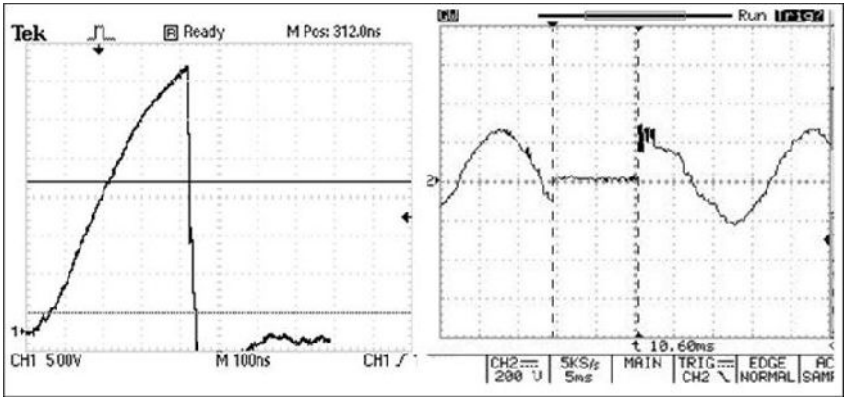


Рис. 9. Осциллограммы, иллюстрирующие быстродействие и дугогасящие свойства разрядников ЗАО «ЭМСОТЕХ».

Видно, что после возникновения перенапряжения разрядник переходит в проводящее состояние за время намного меньше 100 нс, а после срабатывания разрядника от перенапряжения дуга погасла при первом переходе тока через ноль.

Высокотемпературная металлическая плазма в искровом зазоре разрядника обеспечивает ультранизкое сопротивление искрового разряда и, соответственно, низкое остаточное напряжение, не превышающее десятков и сотен вольт. У известных разрядников существует выраженная зависимость отношения импульсного напряжения срабатывания к напряжению статического пробоя, которая определяется длительностью фронта импульса напряжения. Для низковольтных разрядников импульсное напряжение пробоя может в несколько раз превышать статическое. У разрядников ЗАО «ЭМСОТЕХ» импульсное напряжение пробоя при разной крутизне фронта импульсного напряжения близко к статическому, или даже меньше него, что обеспечивает уникальные помехозащитные свойства. Во многих практических случаях эти свойства позволяют отказаться от многоступенчатых схем и обеспечить удовлетворительную грозозащиту объекта с помощью единственного элемента – разрядника. Устройства на их основе – панели грозозащиты производятся ЗАО «ЭМСОТЕХ» серийно.

Основные параметры разрядников ЗАО «ЭМСОТЕХ» и комплексных панелей грозозащиты приведены в [8], а основные рекомендации по применению и монтажу разрядников содержатся в [9]. На протяжении последних лет в наших изделиях используются только эти разрядники. Они предлагаются на рынке грозозащитных устройств, как самостоятельные изделия и в составе комплексных панелей грозозащиты.

Библиографический список

10. Сухоруков С.А. Анализ грозовых поражений оборудования необслуживаемого регенерационного пункта оптоволоконной магистральной линии связи. − Технологии ЭМС. – 2011. – № 3. − С. 89−95.
11. ГОСТ Р 51992-2002 (МЭК 61643-1-98) Устройства для защиты от импульсных перенапряжений в низковольтных силовых распределительных системах. Часть 1. Требования к работоспособности и методы испытаний. – М.: Изд-во стандартов, 2003. – 49 с.
12. Базелян Э.М., Райзер Ю.П. Физика молнии и молниезащиты. – М.: Физматлит, 2001. – 319 с.
13. IEC 62305-1-2006. Protection againt lightning. Part 1: General principles. – 2006. – 135 p.
14. Сухоруков С.А., Горячевский В.В. Лаборатория ЗАО «ЭМСОТЕХ» по исследованию устойчивости технических средств к преднамеренным силовым электромагнитным воздействиям. – Технологии ЭМС. – 2011. – № 3. − С. 46−51.
15. Таев И.С. Электрические аппараты управления (и распределительных устройств). – М.: Высш. Школа, 1969. – 444 с.
16. Сухоруков С. А. Разрядник грозозащитный. Патент РФ на изобретение № 2328066. 2008.
17. Защити! Помехозащитные устройства ЗАО «ЭМСОТЕХ». Каталог продукции. – Калуга, 2011. – 52 с.
18. Сухоруков С.А. Грозовые и коммутационные перенапряжения в сетях электропитания. Методы защиты подстанций и потребителей. Аппаратура защиты потребителей со стороны питающих подстанций. Комплексные устройства для обеспечения качества электричества потребителей. Молниезащита и заземляющие устройства. – Калуга, 2009. – 44 с.

NOT ALL DISCHARGERS ARE THE SAME

Sukhorukov S., Goryachevsky V., EMCOTEC State Kaluga
e-mail: emcotec@yandex.ru, emcotec-baza@yandex.ru

Abstract. The article shows the results of imported lightning arresters tests. It is shown that all tested arresters are the disposable products collapsing at pulse influences much more below passport characteristics. Errors in the designs of the arrester promoting their fast destruction are analyzed. A number of positions of IEC 62305-1-2006 are criticized. Some of advertising statements concerning import arresters which are unacceptable in real practice is criticized. The basic information about design and principles of arresters with the long resource, developed by JSC “EMCOTEC”, are supplied.

Keywords. Lightning arrester, lightning discharge, IEC 62305-1-2006

УДК 537

ОБЪЕМНАЯ МОЛНИЯ – ПОРАЖАЮЩИЙ ФАКТОР ДЛЯ КРИТИЧЕСКИ ВАЖНЫХ ОБЪЕКТОВ НАЗЕМНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Сухоруков С. А.

Доктор электротехники, Академик АЭН РФ, генеральный директор-главный конструктор ЗАО «ЭМСОТЕХ», e-mail: emcotec@yandex.ru

Аннотация: Рассматривается гипотеза возникновения объемной молнии, анализируются примеры аварий и катастроф, вызванных воздействием объемного электрического заряда, предлагаются средства регистрации и предупреждения об опасном воздействии объемного электрического заряда.

Ключевые слова: Объемная молния, объемный электрический заряд, заряд грозового облака, теория атмосферного электричества Земли.

По общепринятым моделям электрический заряд (ЭЗ) в грозовом облаке формируется благодаря движению воздушных потоков, насыщенных водными парами. Таких моделей множество (около 130), но в известных моделях не вполне объяснимы явления, предшествующие возникновению разряда молнии. Как показывают многочисленные наблюдения, развитие разряда линейной молнии (ЛМ) на стадии инициирования разряда идет спонтанно и одновременно в разных областях грозового облака. Причины этого науке об атмосферном электричестве неизвестны. Характеристики «предпробойной стадии» в цепи разряда «облако-земля» далеки от известных для воздуха, напряженность электрического поля в грозу возрастает, но ее величина на несколько десятичных порядков меньше необходимой для начала разряда [1].

По моей гипотезе, на процессы формирования грозовых явлений оказывает влияние ЭЗ, переносимый в глобальной электрической цепи «Земля – ионосфера» (ГЭЦ), схематически это иллюстрирует рис. 1. ЭЗ отстреливается из Земли, устремляется в ионосферу, по пути заряжает грозовое облако, распространяется в ионосфере, и на удалении возвращается в Землю. В зоне возврата ЭЗ он может иметь вихревую структуру, которая может формировать торнадо и другие подобные явления. В приземной области отстрела ЭЗ из Земли и возврата его в Землю могут возникать крайне опасные электрические явления, которые мною условно названы «объемная молния» (ОМ). Зона отстрела ЭЗ из Земли определяется наличием разного рода электрических неоднородностей, как стационарных (например, водохранилище ГЭС, тектонический разлом), так и динамических (например, грозовое облако).

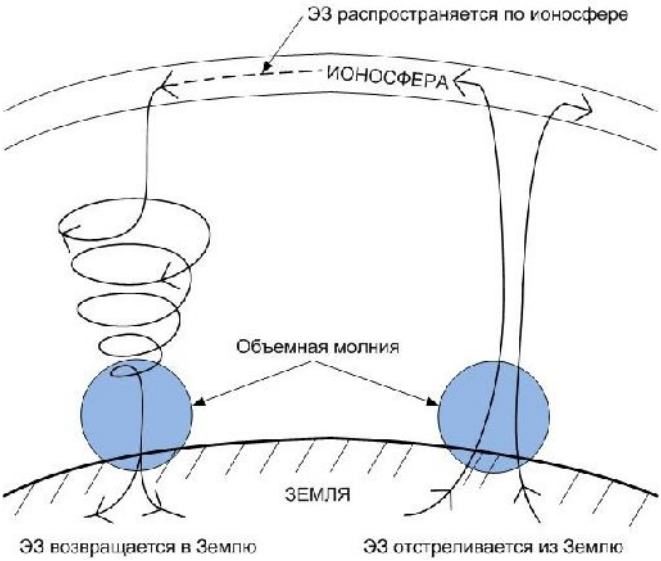


Рис. 1. Глобальная электрическая цепь «Земля – ионосфера»

12.07.2012 г. природой на нашем предприятии был поставлен уникальный эксперимент, который позволил собрать для науки новые знания, относящиеся к аномальным сверхмощным электромагнитным явлениям. Во время грозы произошел электрический взрыв кровли здания нашего предприятия. Эксперимент, поставленный природой, взорвавшей сверхмощным ЭЗ кровлю здания, произошел своевременно, за год до того автором доклада была опубликована статья [2], предсказывающая подобные явления, их возможную электрическую природу. Подробному анализу уникального природного эксперимента и причастности сверхмощных электромагнитных воздействий к ряду известных катастроф посвящена книга [3]. В аварии 12.07.2012 г. электрический взрыв кровли здания был зарегистрирован системой видеонаблюдения. Взрыву предшествовал светящийся столб над зданием, он существовал 5 с, начинался на колпаке вентиляционной трубы, рис. 2.

Затем объемный ЭЗ вырвался через кровлю здания в небеса, попутно взорвав кровлю. На кровле здания были проломлены и пробиты насквозь железобетонные плиты перекрытия. Вокруг здания летали шаровые молнии, одна из них диаметром более 1 м, по поверхности земли скользили многометровые электрические разряды, воспламенялась теплоизоляция, насквозь прожигались металлические детали. На удалении около 100 м от места событий, на автостоянке, подпрыгивали бензовозы. Электрический взрыв состоял из нескольких фаз общей длительностью около 20 с, записан с нескольких видеокамер.

Рис. 2. Светящийся столб над зданием

Возможно, в этом явлении мы имеем дело с процессами перезарядки грозового облака через ГЭЦ. Тогда виновником разрушений могло быть электрическое поле с огромной напряженностью, сопровождавшее процесс переноса ЭЗ из Земли в грозовое облако. Перемещение фрагментов кровли под действием электрического поля происходило с высокими скоростями (расчетное значение – более 250 м/с), соответственно вызывающими большие механические напряжения, которые привели к дроблению плит кровли и иным разрушениям. Следует обратить внимание на то, что время существования светящегося столба совпало с известным по данным многочисленных наблюдений временем восстановления ЭЗ грозового облака [4], которое составляет 5 с. Механизм скоростного восстановления ЭЗ науке неизвестен. Величина восстанавливаемого за 5 с ЭЗ грозового облака составляет 20-30 Кл [4]. Тогда средний ток восстановления ЭЗ не превышает 4-6 А, средняя плотность тока на колпаке вентиляционной трубы диаметром 30 см составляет около 90 мкА/мм^2. Отметим, что максимальный ЭЗ может быть больше на несколько порядков, соответственно, и все остальные значения возрастут. Электрический разряд с такими параметрами тока действительно мог развиваться в виде светящегося столба большой высоты и оставить те следы, которые обнаружены нами на конструктивных элементах. Если моя гипотеза верна, то высокоскоростное восстановление ЭЗ грозового облака может осуществляться за счет перекачки ЭЗ из Земли в грозовое облако (соответственно, обмен ЭЗ идет и через ионосферу). Обыкновенно плотность тока в этом процессе невелика и к явлениям, заметным в оптическом диапазоне, электрический разряд не приводит, потому он и не наблюдаем, но в нашем случае разряд излучал энергию в оптическом диапазоне, потому наблюдатель его и зафиксировал. Восста-

навливающий ЭЗ грозового облака длительный разряд может быть пространственно удален от зоны возникновения ЛМ, как произошло в нашем случае, когда поблизости от места события не было ЛМ.

«Выбор» природой площадки предприятия ЗАО «ЭМСОТЕХ» в качестве места для переноса ЭЗ из Земли в ионосферу (попутно заряжая на этом пути грозовое облако) не случаен. В [3] приводится схема аномальной зоны, в которой происходит перенос ЭЗ из тектонических разломов (например, русла р. Оки) на площадку предприятия посредством направляющих ЭЗ токопроводящих структур – хорошо изолированных магистральных газопроводов большого диаметра. В аномальной зоне возможны электрические взрывы (или подобные им явления) с относительно большой частотой, это предположение мною было изложено в [3]. Книга вышла из печати в июне 2013 г., а за несколько дней до этого 28.05.2013 г. произошел очередной электрический взрыв на объекте, удаленном от места первого взрыва на расстояние около 100 м. Так что пришлось писать дополнение к книге с описанием очередной катастрофы.

В ночную грозу газораспределительный и понижающий давление газа шкаф (ГРПШ) соседнего предприятия озарился сиянием большого объема (видеокамеры нашего предприятия «были начеку» и момент не упустили). Одновременно в одном из зданий, к которому шел от ГРПШ газопровод, самопроизвольно засветились люминесцентные лампы (светились на протяжении 6 мин. 37 с). На втором здании вспыхнули «огни святого Эльма» на оголовках вентиляционных шахт. На третьем здании вышли из строя видеокамеры. Разряд с молниеотвода и трубопроводов ГРПШ существовал около 1 мин. 30 с. В последние 10 с мачта молниеотвода ГРПШ начала раскачиваться (амплитуда колебаний ее вершины была более метра), яркость разряда существенно возросла. Затем на фланце трубчатой перемычки, подходящей к ГРПШ от трубы газопровода высокого давления, лопнули шпильки М14. Возник пожар с факелом пламени высотой с трехэтажный дом, который тушили 4 часа. Видеозапись аварии приведена в презентации доклада. Некоторые видеокадры процесса аварии и фотографии объекта приведены на рис. 3.

Как видно из последней фотографии, перемычка от газопровода высокого давления до ГРПШ была проложена на высоте около 1 м над поверхностью земли, длина ее составляла несколько метров. Петля трубы большой площади под действием электродинамических усилий стремилась принять О-образную форму, что создало недопустимые нагрузки на шпильки фланцевого соединения, и они лопнули. В очередной раз досталось и кровле здания нашего предприятия. Было и сияние поверх кровли, и перемещение плит груза, и прожигание плит теплоизоляции. По ряду механических явлений удалось определить величину напряженности эквивалентного электрического поля, необходимого для электродинамического ускорения перемещаемых масс – оно могло быть 70-100 МВ/м. Это условная величина, т.к. природа процессов, приводящих к возникновению ОМ, пока неизвестна.

Рис. 3. Изображение с видеокамеры и фотографии, нумерация слева направо: 1 – ГРПШ до аварии; 2 – начальная стадия разряда, он слева от двухэтажного здания и напоминает большую паутину; 3 – электрический взрыв; 4 – ГРПШ после взрыва и пожара

Так как частота повторения явления в «аномальной зоне» нашего предприятия была достаточно высокой (для катастрофических явлений ежегодный повтор – это много), было принято решение о проведении инструментальных измерений параметров ЭЗ, переносимого из Земли в ионосферу, и попутно заряжающего грозовое облако. Для этого трубу диаметром 325 мм и высотой 15 м оснастили трехкомпонентным датчиком ЭЗ. В грозовой сезон 2014 года было зафиксировано 4 ЭЗ длительностью около 10 мс и 1 ЭЗ длительностью 1 мс. Через 2-5 с после их регистрации сверкали молнии. ЭЗ на осциллограмме был однополярным импульсом прямоугольной формы. Датчик зарегистрировал и электромагнитное поле от близких разрядов молнии, но оно имело иные амплитудно-временные характеристики. Таким образом, экспериментально доказано, что одной из составляющих процесса зарядки грозового облака может быть перенос ЭЗ из Земли.

Катастрофа на ГРПШ позволила произвести оценку ЭЗ, переносимого в ГЭЦ. Усилия, необходимые для разрыва шпилек на фланце, на трубопроводе конкретной конфигурации и размеров, можно рассчитать. По электродинамическим усилиям можно определить амплитуду тока, который создает их в петле трубы, она будет приблизительно 100-200 кА. Явление существовало около 100 с, в наиболее мощной фазе – около 10 с, то есть суммарный переносимый ЭЗ составлял не менее 1-2 МКл. Суммарный ЭЗ всех фаз развития обычной ЛМ составляет около 200 Кл, ионосферной молнии – около 1 кКл. Таким образом, в процессе переноса ЭЗ в ГЭЦ на зарядку грозового облака тратится менее 0,1% переносимого в ГЭЦ ЭЗ. Можно сделать предварительный вывод о том, что процесс передачи ЭЗ из Земли в ионосферу через тропосферу осуществляется пачками однополярных импульсов ЭЗ длительностью от 1-10 мс до десятков секунд. При этом, как понятно на примере двух описанных катастроф, возникают огромные кулоновские силы, способные разрушить прочные конструкции, например, сорвать крышку с бака нефтехранилища, разорвать неправильно

проложенные надземные трубопроводы.

Описанные аварии и данные инструментальных измерений подтверждают гипотезу автора, изложенную в [3], о возможном переносе через ГЭЦ из Земли в ионосферу (и в обратном направлении) больших ЭЗ, способных оказать негативное влияние на наземные объекты критического комплекса. Здесь важно отметить, что переносчиком ЭЗ, например, из зоны тектонического разлома к месту расположения объектов критического комплекса, удаленного от разлома на десятки и сотни километров, может быть протяженная металлическая направляющая ЭЗ структура, например, объект трубопроводного транспорта. Традиционные системы молниезащиты не работают при описанных воздействиях, более того, они могут «привлекать» на объекты критического комплекса объемный ЭЗ из недр Земли, ухудшая безопасность данных объектов.

В поиске дополнительных доказательств гипотезы следует вспомнить известные науке «спрайты», «джеты», «голубые струи» и иные аналогичные явления, которые известный специалист в области молниезащиты Кравченко В.И. справедливо относит в своей работе [5] к «сверхмолниям». Они соединяют вершину грозового облака с ионосферой, причем появляются с завидной регулярностью, после каждого разряда ЛМ, возникают и существуют на протяжении первых секунд после разряда ЛМ. Возникает электрическая эквивалентная схема, в которой присутствует источник неизменного ЭЗ (очень большого), в качестве него может выступать большая электрическая емкость Земли. Неизменный ЭЗ через временно существующую слабо проводящую систему («голубые струи», «спрайты», коронный разряд) быстро заряжает хорошо проводящую область из водных паров (грозовое облако).

У грозового облака емкость на много порядков меньше, чем у источника ЭЗ, тогда напряжение на маленькой емкости грозового облака быстро поднимается до значений в десятки и сотни мегавольт, приводя к пробою промежутка, известному нам, как ЛМ. Определенные по разным моделям значения потенциала попадают в интервал 50-300 МВ, который специалисты по атмосферному электричеству считают достаточным для возникновения разряда ЛМ. Источником энергии с неизменным ЭЗ может быть восполняемый из космического пространства источник энергии, либо его антипод – большая объемная емкость Земли (22 кФ) [6], непрерывно разряжающаяся в космос, для которой зарядка грозового облака не может существенно изменить состояние. Таким образом, в появлении ЭЗ в облаке и зарядке объемных обкладок природного конденсатора до высокого потенциала принимает участие ГЭЦ. Отметим, что инструментальные измерения токов разрядов молнии, которые специалисты с осторожностью относят к ионосферным, дают амплитуды импульса тока порядка 1 МА при длительности в единицы миллисекунд [7]. Эти данные позволяют оценить величину ЭЗ, которым в этом случае должно перезаряжаться грозовое облако – тысячи кулонов.

С учетом площади наиболее сильного разрушения кровли здания

нашего предприятия в аварии 12.07.2012 поток ЭЗ был локализован на площади, не превышающей 100 $м^2$. Если ток зарядки грозового облака принять равным 5 А, то плотность тока в зоне разрушения кровли составляла 50 $мА/м^2$, что на 10 порядков больше плотности тока проводимости «хорошей погоды», равного примерно $1\text{-}4\times10^{-12}$ $А/м^2$ [1]. Если же ориентироваться на максимальные величины объемного ЭЗ, исходящего из земли при зарядке грозового облака, то плотность тока в зоне разрушения кровли возрастет примерно на два порядка и составит 5 $А/м^2$. Это значение в большей степени соответствует наблюдаемым при электрическом взрыве разрушениям, но для атмосферы это громадные плотности тока.

Классическая теория атмосферного электричества Земли предполагает превалирующее влияние гроз на процесс возникновения атмосферного электричества. Как альтернативу, современная теория допускает зарядку грозового облака избыточным ЭЗ в ионосфере, а не возникновения атмосферного электричества от разделения ЭЗ в грозовом облаке по разным причинам, как предполагалось исторически. У нас же направление движения ЭЗ изменилось, оно стало от Земли к грозовому облаку, и далее к ионосфере. Наблюдаемый нами природный эксперимент свидетельствует о наличии, если можно так выразиться, восходящего от Земли потока объемных ЭЗ, увлекающего за собою плиты кровли при электрическом взрыве (ОМ).

Следует кратко остановиться на вопросе о размерах наземного источника, из которого мог инжектироваться ЭЗ в десятки кулонов. Классическая теория атмосферного электричества считает ЭЗ Земли равным 6×10^5 Кл и равномерно распределенным по поверхности. В работе [8] описано экспериментально обнаруженное нами явление «захвата заряда из грунта», из которого следовало, что ЭЗ Земли находится в ее объеме и величина ЭЗ намного больше общепринятого значения. Позднее удалось найти теоретическую работу [6], в которой доказывалось, что тела не прозрачны для электрического поля, поэтому внутри них может скапливаться ЭЗ. На основе этой гипотезы был вычислен ЭЗ Земли, который оказался равным $1{,}4\times10^{14}$ Кл. С учетом площади поверхности Земли 510 млн.$км^2$ и ее объема $1{,}1\times10^{12}$ $км^3$ получаем поверхностную и объемную плотность ЭЗ примерно $1{,}2\times10^{-3}$ $Кл/км^2$ и 127 $Кл/км^3$. Если грозовому облаку передается ЭЗ в 30 Кл, то в первом случае он должен был бы стягиваться с площади 25000 $км^2$ (с радиуса 89 км), а во втором случае с объема 0,24 $км^3$, который для полусферы имеет радиус 0,49 км.

С учетом изложенного, применительно к проблеме молниезащиты, речь может идти о самостоятельной фазе разряда молнии длительностью 5 с и более, сопровождающей известные и описанные в нормативных документах переходные процессы разряда молнии. Электрический разряд, вызвавший на 5 с возникновение светящегося столба, послужил инициирующим механизмом, электрической динамической неоднородностью, которая, в свою очередь, способствовала извлечению из Земли объемного ЭЗ.

Последняя составляющая процесса проявилась в форме электрического взрыва кровли здания нашего предприятия.

Процесс зарядки грозового облака под действием внешних электрических сил начинается с внешних зон облака (пластин конденсатора). Они заполнены водными парами, которые являются микроскопическими проводящими частицами, накапливающими ЭЗ. Накопление ЭЗ сопровождается ростом потенциала, который достигает порога, за которым с поверхности микросферы начинается интенсивное развитие коронного разряда. Коронный разряд многократно увеличивает эффективный радиус сферы, на которой накапливается ЭЗ. Соответственно, возрастает электрическая емкость сферы, окруженной ореолом коронного разряда.

У больших капель радиус намного больше, чем у микросфер водного пара, поэтому выше потенциал зажигания коронного разряда, и он какое-то время не зажигается. Тогда на короткое время между заряженными зонами грозового облака возникает область, заполненная нейтральными (разрядившимися) каплями воды, на которых коронный разряд не зажигается, поэтому их эффективный радиус остается относительно небольшим. Фактически между заряженными зонами грозового облака скачкообразно возникает диэлектрический слой, что приводит к падению электрической емкости близлежащих заряженных зон. Но ЭЗ на них не изменился, поэтому, как следствие, возникает скачок потенциалов на внутренних слоях заряженных зон и скачок напряжения между ними. Быстро нарастающим напряжением в локальной зоне грозового облака диэлектрик пробивается, возникает первый участок ступенчатого лидера со стримером. Вероятно, подобные процессы сравнительно быстро происходят друг за другом на протяжении первых сотен метров заряженной зоны грозового облака, которые и формируют обыкновенно разряд ЛМ. Размеры такой зоны могут определяться затуханием ультрафиолетового излучения (и иных излучений, убегающих электронов и т.п., но мы будем использовать один термин) от места возникновения первого участка ступенчатого лидера со стримером, которым подсвечиваются близлежащие промежутки, находящиеся в предразрядном состоянии. Ультрафиолетовая подсветка инициирует электрические разряды в различной форме в близлежащих зонах, а вспыхнувшие новые разряды, в свою очередь, подсвечивают соседние области.

Описанный процесс возникновения диэлектрического слоя может усиливаться лавинообразно, так как на крупных каплях возникает явление диэлектрофореза, когда на каплю действует сила, перемещающая каплю с диэлектрической проницаемостью ε_1 (ε_1=80 для воды) в среде с диэлектрической проницаемостью ε_2 (близко к 1) в область более высокого значения напряженности электрического поля. Разогнавшаяся капля проникает глубоко в слой коронирующих микросфер водного пара, которые прилипают к ней. В результате в окрестностях летящей капли исчезает коронный разряд, что увеличивает эквивалентную толщину слоя диэлектрика и в еще большей

степени уменьшает величину электрической емкости и, как следствие, увеличивает напряжение между обкладками природного конденсатора.

Заряженные зоны внутри грозового облака многочисленны, в них должны почти одновременно созревать области (ячейки) с предразрядным состоянием, между ними может быть много каналов с небольшим ослаблением ультрафиолетового излучения. В то же время от поверхности земли непрерывно движутся теплые восходящие потоки влажного воздуха, которые формируют в нижней части грозового облака слой водного пара, экранирующий ультрафиолетовое излучение. Вероятно, поэтому внутриоблачные разряды ЛМ возникают намного чаще, чем разряды ЛМ между облаком и землей. Так как грозовое облако имеет неоднородную структуру, то рано или поздно, но брешь в экране для ультрафиолетового излучения появится, и разряд молнии между облаком и землей возникнет. Область формирования начального разряда «не видит» неоднородности на поверхности земли, начальный процесс возникновения разряда молнии зависит только от внутриоблачных явлений. Природная молния формируется в цепи разряда множества объемных конденсаторов (грозовых ячеек), извлекая ЭЗ из большого объема грозового облака.

Отметим, что подобный механизм возникновения грозового разряда позволяет понять, почему зачастую низка эффективность молниезащиты с помощью обычных пассивных молниеотводов и почему не удается добиться существенного улучшения их работы введением активных элементов (генераторов импульсов высокого напряжения и т.д.). Очевидно, что будут существенно различаться параметры природной молнии и молнии, инициированной искусственным путем (триггерной молнии): проволочной перемычкой с ракетной тягой, длинной лазерной искрой, другими аналогичными методами. Триггерные молнии извлекают ЭЗ из одного или нескольких природных конденсаторов в ограниченном объеме, цепь к остальному множеству конденсаторов с накопленным в них ЭЗ может и не сформироваться, поэтому ток триггерных разрядов будет намного меньше, чем у естественных разрядов молнии.

Почему указанные процессы не регистрируются наземными и космическими средствами наблюдения? Скачок напряжения возникает на внутренней стороне объемных «обкладок» природного конденсатора. Для развития импульсного коронного разряда с внешней подсветкой излучениями (например, ультрафиолетом от соседних разрядов) требуются наносекунды. Поэтому процессы на фронте скачка напряжения могут протекать в этом временном диапазоне, а затем шунтироваться возникшими искровыми разрядами, каналы которых имеют высокую проводимость. Излучения от зоны скачка напряжения хорошо экранируются внешними слоями «обкладок» конденсаторов в грозовом облаке, насыщенными водой, а в момент разряда еще и пронизанными плотной сеткой плазменных каналов, поэтому наземными традиционными средствами регистрации такие скачки напряжения выявить

затруднительно. Возможно, следствием данных процессов являются атмосферики, причина возникновения которых науке до конца не известна. Атмосферики с крайне высокой частотой излучения (вплоть до значений, близких к 1 ГГц) во множестве регистрируются средствами радионаблюдения, в момент, предшествующий разряду ЛМ. Однако частоты могут оказаться еще выше, и выйти далеко за пределы радиочастотного диапазона. Скачок напряжения (потенциала) в грозовом облаке не только создает лавину электронов, но и ускоряет их до световых скоростей (убегающие электроны), позволяющим электронам миновать плотный барьер из ионов и способствовать генерации гамма-лучей (тормозного излучения). С помощью детекторов гамма-излучения авторам работы [9, 10] удалось с земли увидеть их источник в начальной части разряда ЛМ. Кроме того, объемные ЭЗ, заряжающие грозовое облако, могут быть компактными образованиями. Мы убедились в этом на примере взрыва кровли здания нашего предприятия. Редкой сетью датчиков и регистраторов их не обнаружить.

Приведенные выше примеры инструментальных наблюдений ОМ и аварий с ее участием не являются единичными, в мире подобных наблюдений множество, но их, как правило, неверно интерпретируют. Приведем пример, который интересен тем, что расследованием официально занимались ВВС Португалии. 1977 год, одномоторный винтовой самолет летит под облаками на высоте 600 м. Внезапно перед ним из облаков появляется некое утолщение («НЛО») с полосками («иллюминаторами»). Стрелка магнитного компаса самолета начинает быстро вращаться, мощность двигателя падает и самолет пикирует, перед самой землей двигатель вновь исправен и самолет выходит из пике. Все это происходит над ГЭС, у которой резко падает мощность. Резюме расследования – встреча с НЛО. Описанное выше иллюстрируется рис. 4.

Проанализируем инцидент с позиции электротехники. ЭЗ возвращается на Землю из ионосферы в зоне электрической неоднородности на Земле – плотины ГЭС. При этом ЭЗ (см. рис. 1 левая сторона) образует вихревую структуру (аналогия – вихрь в воде ванны при открытой пробке). На нижней кромке облаков возникает вихревая структура, характерная для начальной стадии формирования торнадо. Её вращение и вращение винта самолета создают стробоскопический эффект, «рисующий» полоски на структуре. Вращение ЭЗ приводит к вращению стрелки магнитного компаса. ЭЗ подмагничивает магнитопроводы системы зажигания двигателя, ухудшаются условия искрообразования в цилиндрах двигателя, его мощность падает. Одновременно подмагничиваются магнитопроводы трансформаторов и генераторов ГЭС, её мощность падает. При чем тут «НЛО»? Подобных примеров можно привести множество, причем длительность воздействия ЭЗ может быть очень большой. 2004 год, рыбацкая деревушка на Сицилии. Утром над морем взлетает «огненный шар» (повторялось неоднократно). Происходит массовое разрушение и возгорание электрообо-

рудования в домах рыбаков (около 400 пожаров), жителей эвакуируют. Через 5 недель все внезапно прекратилось. Вердикт ученых, расследовавших инцидент – воздействие мощного электромагнитного импульса.

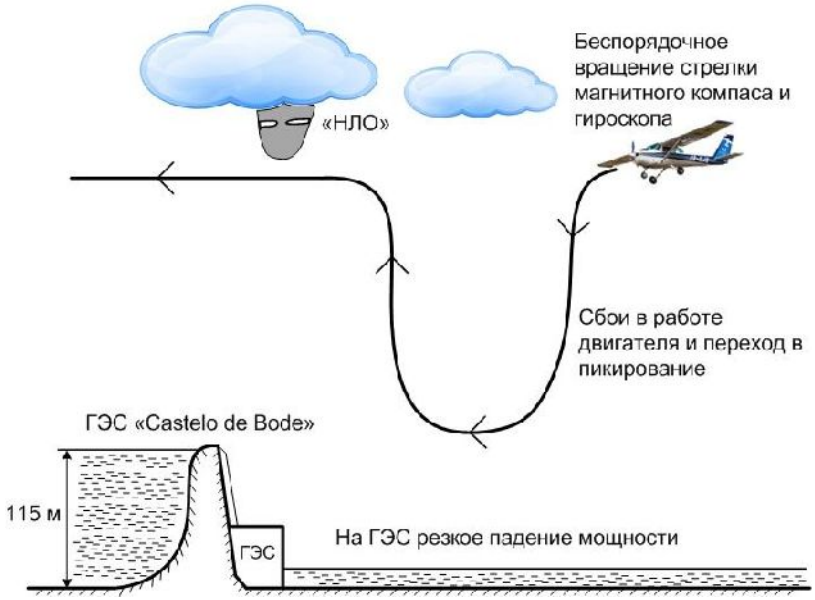


Рис. 4. Инцидент с самолетом в 1977 г. (Португалия)

Приведенные примеры свидетельствуют о крайней степени опасности ОМ для критически важных объектов наземной инфраструктуры. Необходима защита, принципиально это возможно, но очень сложно и дорого. Представляется целесообразным на первом этапе работ по защите оснастить критически важные объекты наземной инфраструктуры датчиками ОМ, которые могли бы выдавать предупредительные сигналы об опасном воздействии, как это иллюстрируется рис. 5.

Если моя гипотеза верна, то в нормативные документы по молниезащите должны быть внесены соответствующие дополнения, так как в зоне возникновения ОМ кратковременно существуют аномально сверхвысокие напряженности электрического поля. Это при определенных условиях может представлять большую, чем при разряде обычной ЛМ, опасность для различных объектов, содержащих электронику и взрывоопасные вещества, может приводить к электрическому взрыву сооружений и зданий. Приведенные гипотезы могут служить основой для последующего более детального их анализа с применением знаний из разных областей физики.

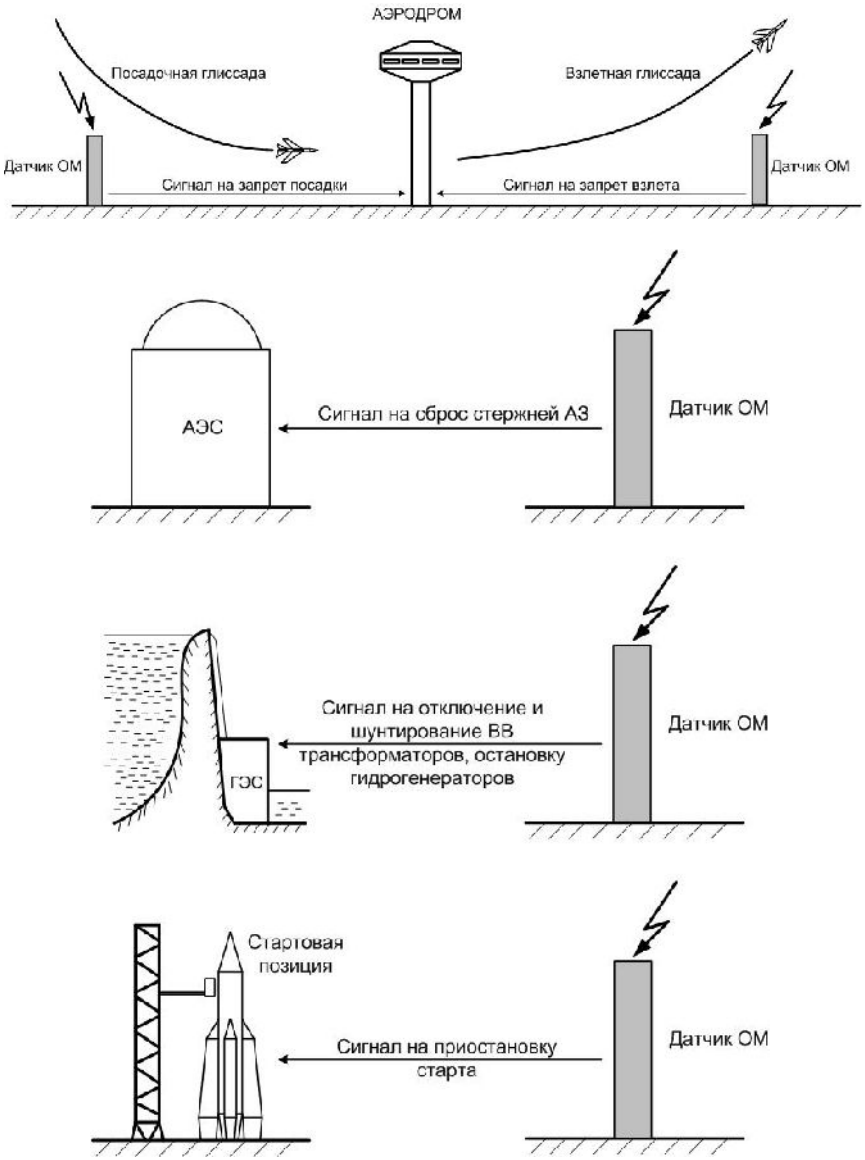


Рис.5. Защита критически важных объектов наземной инфраструктуры на основе датчиков ОМ, выдающих предупредительные сигналы об опасном воздействии

Библиографический список:

1. Чалмерс Дж.А. Атмосферное электричество. Пер. с англ. – Л.: Гидрометеоиздат, 1974, 421 с.
2. Сухоруков С. А., Возможный механизм электрического воздействия шаровой и линейной молнии, новые подходы к организации молниезащиты. – Технологии ЭМС. – М.: 2011. – № 3 (38) – С. 78-88
3. Сухоруков С.А. Электромагнитная совместимость: сверхмощные электромагнитные воздействия. – Калуга, 2013, 448 с.
4. Карякин Р.Н. Справочник по молниезащите. – М.: Энергосервис, 2005,– 879 с.
5. Кравченко В.И. Молния. Электромагнитные факторы и их поражающее воздействие на технические средства. – Харьков.: Изд. «НТМТ», 2010, 292 с.
6. Похмельных Л.А. Фундаментальные ошибки в физике и реальная электродинамика. – М.: ООО «ИПЦ «Маска»», 2012, 354 с.
7. Базелян Э.М., Райзер Ю.П. Физика молнии и молниезащиты. – М.: Физматлит, 2001, 319 с.
8. Сухоруков С.А. Особенности распространения импульсных напряжений по изолированным проводникам подземной прокладки. – Технологии ЭМС. – 2011, № 4, с. 9-19.
9. Двайер Д. Гром среди ясного неба. – В мире науки. – 2005, № 8, с.46-53.
10. Двайер Д., Смит Д. Смертоносные лучи из облаков. – В мире науки. – 2012, № 10, с. 29-35.

VOLUMETRIC LIGHTNING STRIKING FACTOR FOR MISSION CRITICAL GROUND INFRASTRUCTURE

Doctor of electrical engineering, Academician of Academy of electrotechnical Sciences of the Russian Federation, General Director-chief designer Sukhorukov S., EMCOTEC State Kaluga
e-mail: emcotec@yandex.ru.

Abstract: Discusses the hypothesis of the occurrence of volumetric lightning, examples of accidents and disasters caused by the impact of volumetric electric charge, facilities for the registration and warning about the dangerous effect of bulk electrical charge.

Keywords: Volumetric lightning, volumetric electric charge, the charge in the thundercloud, the theory of atmospheric electricity of the Earth.

УДК 355.716

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ МЧС РОССИИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ОЦЕНОК ПУНКТОВ ВРЕМЕННОГО РАЗМЕЩЕНИЯ ПОСТРАДАВШЕГО НАСЕЛЕНИЯ

© А.В. Трофимов

ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), г. Москва, Россия
e-mail: avt-75pocht@yandex.ru; моб. 8(903) 290-65-02

Аннотация. Разработан методический аппарат, **позволяющий** решать задачи по определению состава оборудования, схемы размещения, последовательности и технологии развёртывания пунктов временного размещения пострадавшего населения в процессе оперативного реагирования и управления в любых ЧС.

Технико-экономические оценки всего процесса развёртывания [4] применяемого оборудования, схем размещения и порядка выполнения работ производились на конечном этапе с применением *метода анализа иерархий*.

Ключевые слова: чрезвычайная ситуация, пункт временного размещения, пострадавшее население, рациональный состав, рациональная схема, рациональная технология, развёртывание пунктов, первоочередное жизнеобеспечение.

Научная задача состоит в том, чтобы:

1 - оптимизировать и минимизировать экономические расходы на проведение опытно-конструкторских работ и натурных испытаний ПВР;

2 - повысить объективность проведения планирования мероприятий, направленных на повышение защищённости населения в ЧС для составления перспективных планов развития и эффективного применения оборудования ПВР;

3 - выявить перспективные направления совершенствования процессов развёртываний ПВР.

Метод Анализа Иерархий (далее МАИ) – математический инструмент системного подхода к сложным [1] проблемам принятия решений [2]. МАИ не предписывает лицу, принимающему решение (ЛПР), какого-либо «правильного» решения [3], а позволяет ему в интерактивном режиме найти такой вариант (альтернативу) [4], который наилучшим образом согласуется [7] с его пониманием сути проблемы [8] и требованиями к ее решению. Этот метод разработан американским ученым Томасом Л. Саа-

ти в 1970 году, с тех пор он активно развивается и широко используется на практике. В его основе наряду с математикой заложены и психологические аспекты [9]. МАИ позволяет понятным и рациональным образом [10] структурировать сложную проблему принятия решений в виде иерархии, сравнить и выполнить количественную оценку альтернативных вариантов решения.

Применение математических методов к решению задач МЧС России используется в ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ) в виде обоснования [2] рациональных технологий развёртывания пунктов временного размещения [3] пострадавшего населения (далее ПВР). При проведении развёртывания ПВР [5] нужно обосновать выбор наилучшей [6] по критерию «эффективность-стоимость» [7] технологии развертывания ПВР [8] для различных ЧС [9], в разных климатических условиях [10]. Разработан методический подход [1] к выбору наилучшей по критерию «эффективность-стоимость» [2] технологии развертывания временных городков для размещения [5] населения [6], пострадавшего от аварий, катастроф и стихийных бедствий [7] и реализован в виде обоснования [8] показателей эффективности и экономичности [9] процесса развёртывания временных городков для размещения пострадавшего населения [10]. Решалась оптимизационная задача по технико-экономической оценке с использованием метода анализа иерархий, в целях оптимизации всего процесса развёртывания ПВР (доставки оборудования [5], техники, комплектующих [6] и самих пострадавших к месту развёртывания ПВР, монтажа оборудования и систем, применяемых в ПВР, порядка выполнения работ) [1]. При заданном уровне затрат [2] требовалось, чтобы показатели эффективности [3] и комфортности [5] стремились к максимуму [7]. Технико-экономическая оценка иерархий влияния мероприятий на эффективность и стоимость технологий [6] развёртывания ПВР приведена в [1].

Для оценки влияния мероприятий на эффективность технологии развертывания ПВР и затраты на функционирование данной технологии [7] определяются значения главных собственных векторов (ГСВ) положительных обратно-симметричных матриц. Данные матрицы получаются в результате проведения экспертом парных сравнений и заполнения специальных таблиц. При выполнении процедуры парных сравнений экспертом выносится суждение о том, насколько один объект превосходит другой по какому-либо показателю.

Для выбора наилучшей по критерию «эффективность-стоимость» технологии развертывания ПВР необходимо построить иерархии влияния мероприятий на показатели эффективности [8] и затрат технологии [9] развертывания ПВР[10]. Применяя МАИ, на первом шаге необхо-

димо структурировать проблему в виде иерархий. На первом уровне (в фокусе) иерархии расположена главная цель – развертывание ПВР [1]. На втором уровне находятся 3 показателя эффективности технологии развертывания (рис. 1) [2], а для затрат - направления соответствующих затрат. На третьем уровне иерархий – факторы [3], влияющие на показатели эффективности и виды затрат. На заключительном уровне иерархий находятся 3 предложенные технологии (альтернативы) [5] развертывания ПВР [6]. Следующий шаг - выполнение парных сравнений. Элементы каждого уровня иерархии записываются в матрицу, которая заполняется суждениями экспертов об относительной важности элементов в свете главной цели [7]. В итоге получаем значения показателей эффективности и затрат для каждой альтернативы (варианта технологий) [8].

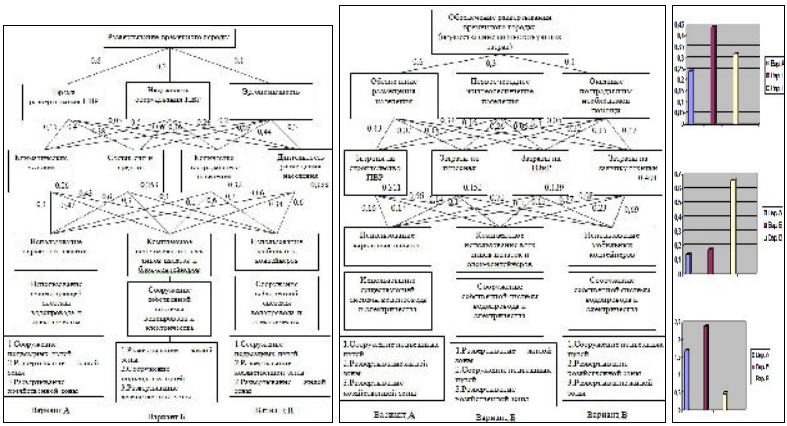


Рис. 1 Иерархии и диаграммы влияния мероприятий на эффективность и стоимость технологий развёртывания ПВР

В целях решения указанных задач сформулированы основы [9] научно-методического обеспечения процесса создания ПВР [10], в частности разработан [1] «Методический аппарат обоснования [2] рациональных [3] составов [5] оборудования [6], схем размещения [7], технологий [8] развёртывания [9] и технико-экономических оценок [10] пунктов временного размещения пострадавшего населения» [1].

Вывод: Охарактеризован метод [2], входящий в разработанный методический аппарат по обоснованию [3] состава [5] оборудования [6], схемы размещения [5], технологии развёртывания [7] и технико-

экономической оценки ПВР [5] для решения многокритериальной задачи развёртывания ПВР: **четвёртая** его часть – Технико-экономическая оценка всего процесса развёртывания ПВР (применяемого оборудования и порядок выполнения работ) производилась на конечном этапе с применением метода анализа иерархий. Результаты разработки методического аппарата [8] могут быть использованы в Главных управлениях МЧС России по субъектам Российской Федерации при оценке обстановки [9], подготовке сил и средств первоочередного жизнеобеспечения, и развёртывании ПВР силами МЧС России и органами местного самоуправления. Проведение технико-экономических оценок ПВР для его рационального применения с использованием разработанного научно-методического аппарата [10] будет продолжением проводимого мною диссертационного исследования.

Библиографический список

1. Дурнев Р.А., Трофимов А.В. Способ оценки чрезвычайной ситуации для развёртывания пунктов временного размещения населения, пострадавшего от аварий, катастроф и стихийных бедствий и система для его реализации. Патент на изобретение RUS 2537878 28.02.2013.

2. Дурнев Р.А., Трофимов А.В. Система выбора рациональной технологии развёртывания пунктов временного размещения населения, пострадавшего от аварий, катастроф и стихийных бедствий. Патент на полезную модель RUS 125448 02.03.2012.

3. Дурнев Р.А., Трофимов А.В., Кочетов О.С. Система выбора рациональной технологии развертывания пунктов временного размещения населения, пострадавшего от аварий, катастроф и стихийных бедствий. Патент на полезную модель RUS 127496 12.09.2012.

4. Саати Т.Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий /пер. с англ. – М.: «Радио и связь», 1993. Москва – 278 с.

5. Трофимов А.В., Кочетов О.С. Палатка для временного проживания людей в полевых условиях. Патент на полезную модель RUS 126039 21.08.2012.

6. Трофимов А.В., Кочетов О.С. Палатка для временного проживания людей в экстремальных условиях. Патент на полезную модель RUS 126040 21.08.2012.

7. Трофимов А.В., «Методический аппарат для обоснования рациональных составов оборудования, схем размещения, технологий развёртывания и технико-экономических оценок пунктов временного размещения пострадавшего населения», г. Москва, «Технологии гражданской безопасности», 2016, т.13 № 1 (47). – С. 50-54.

8. Трофимов А.В. «Методы обоснования состава оборудования и тех-

нологии развёртывания пунктов временного размещения пострадавшего населения», г. Уфа, Международный научный журнал «СИМВОЛ НАУКИ», №6/2015; – Изд-во Международный центр инновационных исследований «ОМЕГА САЙНС» ISSN 2410-700X. – 358 с., С. 55-57.

9. Трофимов А.В., «Методический аппарат обоснования рационального состава оборудования, схемы размещения, технологии развёртывания и оптимизации пунктов временного размещения пострадавшего населения», г. Уфа, Международный научный журнал «Инновационная Наука», Т.1. №7/2015; – Изд-во Международный центр инновационных исследований «ОМЕГА САЙНС». – 190 с., С. 63-64.

10. Трофимов А.В., «Методический аппарат для обоснования рациональных составов оборудования, схем размещения, технологий развертывания и технико-экономических оценок пунктов временного размещения пострадавшего населения», г. Москва, ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ): КОМПЛЕКСНЫЕ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ БЕЗОПАСНОСТИ (40-летию института посвящается): в 4 т., т.3.– Научные статьи, Издательство: Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России, 2016. С. 150-159.

APPLICATION OF MATHEMATICAL METHODS TO THE SOLUTION OF TASKS OF EMERCOM OF RUSSIA WHEN CARRYING OUT TECHNO-ECONOMIC ASSESSMENTS OF TEMPORARY SETTLEMENTS FOR THE AFFECTED POPULATION

© A.V. Trofimov

Federal Government Budget Institution «All-Russian Research Institute for Civil Defense and Emergencies of the Ministry for Emergency Situations of Russia» (Federal Center of Science and High Technology), Moscow, Russia
e-mail: avt-75pocht@yandex.ru; mobile: 8(903) 290-65-02

Abstract. Developed methodological apparatus, **allowing to solve** the task of determining the composition of equipment layout, sequence and deployment of temporary shelters for the affected population in the process of rapid response and control in all emergencies.

Techno-economic assessment of deployment [4] applied equipment, layout and work practices was carried out at the final stage using the method of hierarchy analysis.

Key words: emergency, temporary shelters, the affected population, rational structure, rational diagram rational technology, deployment points, priority support.

УДК 621.3.05

ВВОДНО-ЗАЩИТНЫЕ УСТРОЙСТВА ВЗУ-АБ-УЕ И ВЗУ-АБ-ЧКЕ ДЛЯ ГРОЗОЗАЩИТЫ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ АВТОБЛОКИРОВКИ

Беляков И. В. (ОАО «Элтеза»)
Сухоруков С. А. (ЗАО «ЭМСОТЕХ»)
Горячевский В. В. (ЗАО «ЭМСОТЕХ»)
e-mail: emcotec@yandex.ru, emcotec-baza@yandex.ru

Аннотация. Рассмотрена практическая реализация комплекса молниезащиты для микропроцессорного оборудования функционирующего в полевых условиях.

Ключевые слова. Микропроцессорная автоблокировка, грозовые и коммутационные перенапряжения, трансформатор путевой.

Вводно-защитные устройства (далее – ВЗУ) предназначены для защиты кабельных и воздушных вводов в системах микропроцессорной автоблокировки на основе АБ-УЕ (ВЗУ-АБ-УЕ), АБ-ЧКЕ (ВЗУ-АБ-ЧКЕ) и иных аналогичных систем МПЦ от грозовых и коммутационных перенапряжений и помех. ВЗУ имеет модульную унифицированную конструкцию, позволяющую комплектовать защиту сигнальной установки или поста ЭЦ в различной конфигурации. Структурная схема ВЗУ показана на рис.1, Внешний вид модулей ВЗУ показан на фотографиях рис. 2.

С помощью ВЗУ реализуется разработанная ЗАО «ЭМСОТЕХ» концепция одинаковой защищенности всех входных каскадов сигнальной установки от наихудшей ситуации, возникающей при разряде молнии. В такой ситуации амплитуда тока разряда молнии может, по нормам [1], разработанным ЦШ при участии наиболее компетентных специалистов в области грозозащиты, доходить до 30 кА для импульса тока 10/350 мкс. Концепция равнопрочности (одинаковой защищенности) вводов по отношению к разрядам молнии позволяет без опасения повреждения защищаемого оборудования распределять ток разряда молнии на любые из кабельных вводов, не ранжируя их в соответствии с требованиями [1]. Распределение тока разряда молнии по нескольким вводам позволяет использовать для отвода тока разряда молнии на землю системы заземления нескольких сигнальных установок и постов ЭЦ с относительно высоким сопротивлением заземления. С помощью сильноточных разрядников системы заземления объединяются, и их общее сопротивление снижается, что приводит к снижению влияния на защищаемое оборудование разряда молнии. Принцип действия распределенной системы заземления поясняется рис. 3. Такой подход учитывает относительно невысокое качество существующих систем заземления сигнальных установок.

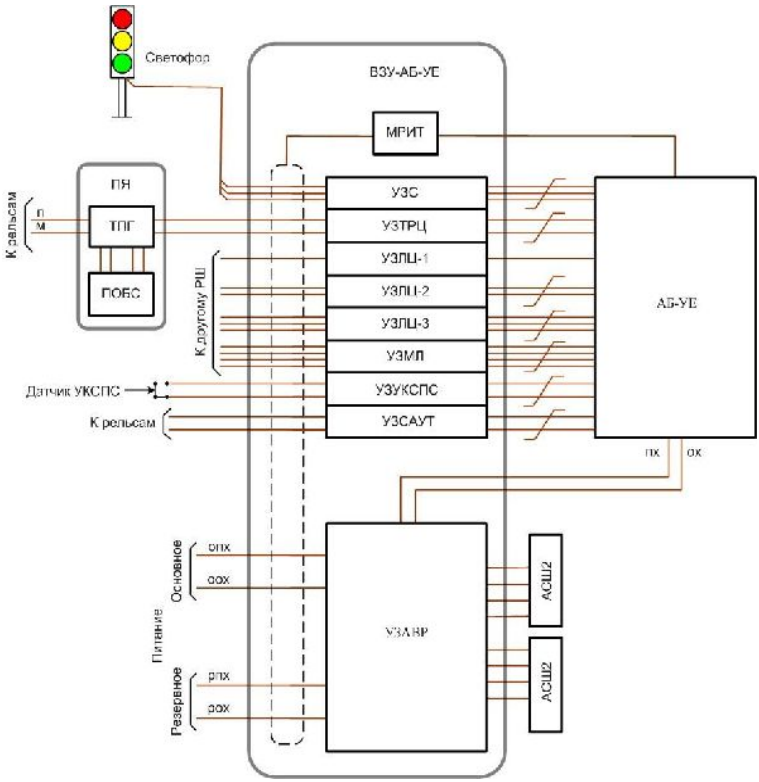


Рис. 1. Структурная схема ВЗУ-АБ-УЕ.

а

б

в

Рис. 2. ВЗУ-АБ-УЕ на опытной эксплуатации: а) ВЗУ поста ЭЦ; б) ВЗУ сигнальной установки; в) путевой ящик с ТПГ и защищаемым путевым трансформатором.

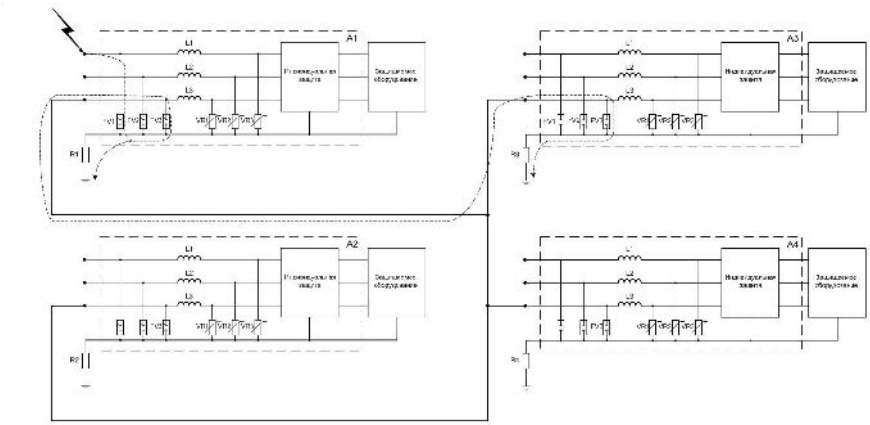


Рис.3. Объединение через разрядники заземляющих устройство нескольких сигнальных установок при протекании тока разряда молнии.

Схемотехническое решение ВЗУ построено на основе помехоподавляющих трансформаторов, разрядников для отвода тока молнии на землю, многоступенчатых ограничителей перенапряжений и других узлов. Состав модулей ВЗУ приведен в таблице 1.

Табл. 1 Состав модулей ВЗУ-АБ-УЕ и ВЗУ-АБ-ЧКЕ

Наименование модулей	**Назначение модулей**
УЗТРЦ	устройство защиты тональных РЦ
УЗКРЦ	устройство защиты кодовых РЦ
УЗЛЦ-1	устройство защиты однопроводных линейных цепей
УЗЛЦ-2	устройство защиты двухпроводных линейных цепей
УЗЛЦ-3	устройство защиты трехпроводных линейных цепей
УЗС	устройство защиты светофора (в различной конфигурации сигналов)
УЗУКСПС	устройство защиты УКСПС
УЗСАУТ	устройство защиты САУТ
УЗМЛ	устройство защиты модемных линий
ТПГ	устройство защиты «трансформатор путевой грозоупорный»
УЗАВР	устройство защиты автоматического ввода резервной сети электропитания с трансфильтром для защиты напольного оборудования
ТФ500МПС-ЭЦ	трансфильтр для защиты по сети электропитания постов ЭЦ
МРИТ	модуль регистрации импульсов тока и блокировки работы сигнальной установки при критических параметрах импульсов тока

ВЗУ обеспечивает защиту вводов микропроцессорного приемопередатчика РЦ, модема, светофора, линейных цепей, источника питания и других узлов микропроцессорной АБ от перенапряжений при близких разрядах молнии, от токов при прямых разрядах молнии и от коммутационных перенапряжений в условиях, определяемых нормами [1] для категории защищенности «В» в зоне ЭМО «$О_А$» и «$О_В$».

При воздействии на вход ВЗУ грозовых перенапряжений с амплитудой до 30 кВ (1/50 мкс) по цепи «провод-провод» или по цепи «провод-земля», а также импульсов тока с амплитудой до 30 кА (10/350 мкс), либо 100 кА (8/20 мкс), по любому из входов, амплитуда выходного напряже-

ния помехи не превышает уровней, которые могли бы вызвать сбой в работе или повреждение микропроцессорной АБ. Высокие характеристики защиты обеспечивают микропроцессорным АБ критерий качества функционирования «А» для большинства видов импульсных воздействий.

ВЗУ дополнительно обеспечивает защиту вводов электропитания от аварийных коммутационных перенапряжений длительностью до 1…5 мс с амплитудой до 4,5 кВ по п.6 норм [1], а также защиту вводов модема и РЦ при попадании в эти цепи напряжения 220-380 В, 50 Гц при токе не более 10 А (для ТРЦ), тока не более 500 А (для КРЦ), обусловленного асимметрией тяговой цепи.

Ресурс ВЗУ при воздействии грозовых и коммутационных перенапряжений составляет не менее 1000 воздействий, при воздействии токов прямого разряд молнии - не менее одного воздействия без проведения ревизии и 10 воздействий с ревизией состояния входных ступеней защиты. Ресурс ВЗУ позволяет эксплуатировать грозозащиту без замены ее элементов на протяжении всего срока эксплуатации защищаемой микропроцессорной АБ в регионах с максимальной продолжительностью и интенсивностью грозового периода.

Модули ВЗУ размещены в металлических корпусах, рассчитанных на монтаж модулей непосредственно на полу и полках шкафов сигнальных установок. Подходящие к релейному шкафу кабели присоединяются к штыревым резьбовым клеммам на передних панелях модулей.

В состав ВЗУ входят устройства защиты различных цепей (электропитания, модема, светофора, линейных цепей и т.д.), с идентичными входными каскадами и различными помехозащитными свойствами последующих каскадов защиты.

Каждая из входных клемм соединена с заземляющей шиной релейного шкафа с помощью разрядника с комбинированной воздушной и твердотельной изоляцией [2]. Твердотельная изоляция обеспечивает под действием сильноточных разрядов генерацию высокотемпературной плазмы, которая снижает остаточное напряжение, повышает временную стабильность характеристик разрядника, предотвращая его спекание и обеспечивая очистку разрядного промежутка от продуктов эрозии. Конструкция разрядника обеспечивает круговое перемещение пятна разряда, более равномерный износ электродов под действием сильных токов и, соответственно, больший ресурс работы.

Первая ступень ограничения перенапряжений выполнена по схеме последовательно включенных варистора и герметичного (капсулированного) разрядника. Ступень отделена от входного разрядника разделительным дросселем. Параметры дросселя и остальных узлов рассчитаны таким образом, чтобы при воздействии многочисленных перенапряжений с относительно малыми токами первым срабатывал капсулированный разрядник первой ступени. Если импульсный ток через него превышает определен-

ное пороговое значение, то дроссель формирует пусковой импульс, запускающий разрядник защиты входных цепей от тока молнии. Такая селективная схема обеспечивает защиту от основного числа импульсных перенапряжений с относительно небольшой энергией с помощью элементов, имеющих большой ресурс срабатываний. Только при воздействии токов разряда молнии срабатывает сильноточный входной разрядник, способный переключить на землю ток с большой энергией разряда.

Значение амплитуды тока разряда молнии имеет вероятностный характер, поэтому нельзя полностью исключить прямой разряд молнии непосредственно в кабель поблизости от релейного шкафа и появление в кабеле токов с амплитудой, существенно превосходящей значение 30 кА по нормам [1]. Для минимизации последствий воздействия тока разряда молнии с экстремальными значениями разделительные дроссели имеют оригинальную конструкцию, которая при экстремальных воздействиях тока разряда молнии или при аномально большой длительности разряда обеспечивает переход пораженной цепи в состояние «обрыв». При этом микропроцессорная АБ остается в рабочем состоянии и обеспечивает блокировку сигнальной установки по сигналу «обрыв» в любой из входных цепей.

Последующие ступени ограничения перенапряжений построены на основе низковольтных герметичных разрядников, варисторов, емкостных и резистивных энергопоглощающих устройств. Особенностью схемы этих ступеней ограничения перенапряжений является использование решения [3], позволяющего им иметь низкий порог срабатывания при воздействии импульсных перенапряжений и одновременно иметь высокий статический порог срабатывания схемы ограничения перенапряжений на уровне, превышающем измерительное напряжение мегомметров или напряжение АЛСН. Благодаря такому решению сопротивление изоляции всех модулей ВЗУ может проверяться мегомметрами с измерительным напряжением до 500 В, а работа АЛСН не оказывает влияния на работу защиты в РЦ.

Селективность срабатывания ступеней защиты от перенапряжений обеспечивается с помощью разделительных резисторов, включенных между ступенями. На выходе схем имеются НЧ-фильтры и абсорберы для защиты от наносекундных импульсных помех.

Ряд узлов микропроцессорной АБ, работающих на переменном токе, защищено с помощью помехоподавляющих трансформаторов (трансфильтров). К таким узлам относятся модем и система электропитания.

При воздействиях перенапряжений и помех на входы устройств защиты ВЗУ амплитуда выходного напряжения помехи не превышает уровней, которые могли бы вызвать сбой в работе или повреждение микропроцессорной АБ. Допускается воздействие перенапряжений, тока разряда молнии и помех одновременно на все входы изделия ВЗУ.

Помимо основных модулей для грозозащиты вводов микропроцессорной АБ, ВЗУ дополнено модулем ТПГ, обеспечивающим грозоупорность трансформаторов путевых, и модулем регистрации импульсных токов МРИТ.

ТПГ состоит из штатного трансформатора путевого со схемой его грозозащиты, размещаемой в путевом ящике с трансформатором.

В состав схемы защиты ТПГ [4] входят разрядники многоступенчатые для защиты межобмоточной изоляции катушек трансформатора путевого. При воздействии перенапряжений в цепи «рельс-земля» или возникновении в рельсовой цепи токов разряда молнии, при протекании которых возникают перенапряжения, приложенные к межобмоточной изоляции трансформатора путевого, разрядники срабатывают, переключая опасное для изоляции перенапряжение или ток на грозозащитные разрядники входных цепей ВЗУ и заземление сигнальной установки. При сильной асимметрии воздействующих на рельсовую цепь перенапряжений в первичной обмотке путевого трансформатора и в его вторичной обмотке может индуцироваться перенапряжение, способное повредить витковую изоляцию и вызвать дефект в диапазоне от явного поражения трансформатора до скрытого перемежающегося виткового замыкания. Для предотвращения этого при возникновении асимметрии перенапряжений в схеме ТПГ срабатывают вспомогательные разрядники, которые шунтирует первичную и вторичную обмотки путевого трансформатора. Сопротивление цепей, шунтирующих обмотки трансформатора путевого при срабатывании разрядников, выбрано ниже приведенного сопротивления контрольного шунта. Поэтому при повреждении разрядников (замыкании электродов) рельсовая цепь шунтируется, формируя сигнал занятости пути.

Концептуально схемотехническое решение защиты ТПГ построено аналогично остальным модулям ВЗУ, когда для отвода больших токов разряда молнии используются специальные разрядники с относительно низким ресурсом, а защита от перенапряжений, сопровождаемых малыми токами, обеспечивается элементами с прогнозируемым и большим ресурсом.

МРИТ состоит из бесконтактного датчика тока с интегратором, анализатора параметров импульсов тока и электромеханического счетчика ресурса. Необходимую энергию для работы схемы обеспечивает регистрируемый импульс тока. Анализатора параметров импульсов тока выполнен двухпороговым, что позволяет не только производить подсчет импульсов тока разряда молнии, но и выдавать сигнал, блокирующий работу сигнальной установки при недопустимом воздействии на схему грозозащиты. Информация об аварийном событии передается в микропроцессорную АБ и одновременно пишется в фискальной памяти МРИТ. Формирование МРИТ сигнала об аварийном воздействии позволяет существенно повысить функциональную безопасность системы ВЗУ-АБ и

своевременно информировать службу эксплуатации о необходимости проведения работ по обслуживанию сигнальной установки.

Необходимо отметить, что разработка ВЗУ велась ЗАО «ЭМСОТЕХ» на протяжении двух лет за счет собственных средств, но в оптимальных условиях, когда разработчик АБ-УЕ и АБ-ЧКЕ обеспечил полное раскрытие схем АБ, предоставил необходимые для проведения исследований образцы АБ на испытательные полигоны ЗАО «ЭМСОТЕХ» и ВИТУ, обеспечил постоянную оперативную поддержку специалистов по АБ. Благодаря совместным усилиям удалось построить корректную компьютерную модель поведения интерфейсных узлов АБ при импульсных воздействиях и методом компьютерного моделирования оптимизировать схему грозозащиты.

Попытка решить задачу комплексной грозозащиты микропроцессорной АБ и иных аналогичных устройств предпринималась на протяжении нескольких последних лет разными отечественными и зарубежными разработчиками. В соответствии с решениями ЦШ, все они должны были пройти испытания по нормам [1] в независимом испытательном центре - лаборатории грозозащиты ВИТУ (С-Пб). Однако ни одна из разработок, за исключением разработки ЗАО «ЭМСОТЕХ», не смогла пройти испытаний в ВИТУ. Условия испытаний в лаборатории грозозащиты ВИТУ максимально приближены к реальной грозовой обстановке, что привело к выходу из строя не только испытуемого защищаемого оборудования, но и самих устройств защиты. Интересно отметить факт применения одним из разработчиков микропроцессорной АБ в схеме грозозащиты разрядника известной западной фирмы, который на проверку оказался муляжом (красивой коробкой с выводами, но пустой). Результат применения такой «защиты» во время лабораторных испытаний можно не комментировать. К таким же и более тяжелым последствиям могут привести намечающееся широкое применение импортной грозозащиты для нужд РЖД, и корректировка относительно мягких требований норм [1] в сторону дальнейшего их снижения.

В настоящее время испытания в ВИТУ прошли без повреждений, и без сбоев в работе (критерий качества функционирования «А») только АБ-УЕ (ОАО «ЭЛТЕЗА») и АБ-ЧКЕ (ОАО «Концерн АКСИОН», г. Ижевск), оснащенные грозозащитой разработки ЗАО «ЭМСОТЕХ». Изготовлена опытная партия ВЗУ-АБ-УЕ, которая прошла испытания на Московской ЖД.

Полученные результаты испытаний не случайны. Аналогичные решения применялись в устройствах ВЗУ-СЦБ (разработка ЗАО «ЭМСОТЕХ» 2001 года) для грозозащиты релейных шкафов с электронными устройствами ТРЦ в наиболее проблемных (по статистике поражений от грозы) местах на скоростном участке Октябрьской ЖД

(всего на восьми сигнальных установках). На протяжении пяти лет опытной эксплуатации не было зарегистрировано ни одного сбоя в работе защищенных ВЗУ-СЦБ сигнальных установок, хотя в обычных сигнальных установках на участках, прилегающих к опытному перегону, электронное оборудование во время грозы за этот период выгорало неоднократно. ЗАО «ЭМСОТЕХ» по результатам опытной эксплуатации было разработано еще более эффективное устройство грозозащиты ВЗУ-СЦБ-М меньших размеров и существенно меньшей стоимости. К сожалению, наработанный за 5 лет положительный опыт грозозащиты электронных устройств АБ на скоростной магистрали не был тиражирован по причинам организационного характера, находящихся за пределами компетенции разработчика.

Библиографический список

1. Временные нормы: «Характеристики импульсных воздействий на системы ЖАТ». 2007 год.
2. Сухоруков С. А., Патент РФ № 2328066 на изобретение: «Разрядник грозозащитный». 2008 г.
3. Сухоруков С. А., Патент РФ№ 2337449 на изобретение: «Устройство защиты оборудования от перенапряжений». 2008 г.
4. Сухоруков С. А., Патент РФ № на изобретение: «Устройство защиты трансформатора от перенапряжений» (Решение о выдаче патента на изобретение заявка № 2007118421/09(020061) от 17.05.2007). 2008 г.

EQUIPMENT LIGHTNING PROTECTION SYSTEMS THE MICROPROCESSOR SIGNALLING ON THE RAILWAY.

Belyakov, I. V. JSC "ELTEZA"

Sukhorukov S., Goryachevsky V., EMCOTEC State Kaluga
e-mail: emcotec@yandex.ru, emcotec-baza@yandex.ru

Abstract. Practical implementation of the complex lightning protection for microprocessor based equipment functioning at heightened risk of defeat by a lightning discharge.

Keywords. Microprocessor-based auto-lock, lightning and switching surges, transformer track.

УДК 537.

ПИРАМИДЫ КАК СВЕРХМОЩНЫЕ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ И РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ
Часть 1

Сухоруков С. А.

Доктор электротехники, Академик АЭН РФ, генеральный директор-главный конструктор ЗАО «ЭМСОТЕХ», e-mail: emcotec@yandex.ru

Аннотация: Пирамиды Египта, Китая и других стран мира в последнее время стали привлекать внимание исследователей с инженерным, техническим образованием. Априори понятно, что огромные затраты на создание пирамид могли быть оправданы только в глобальных целях, например, военных, космических, энергетических. В докладе рассматриваются пирамиды, как объекты альтернативной энергетики и устройства для генерирования сверхмощных радиосигналов.

Ключевые слова: Пирамиды, электрический заряд, вода, камень, ионосфера, глобальная электрическая цепь.

Пирамиды, по моей гипотезе, были сверхмощными энергетическими установками по типу двигателей внутреннего сгорания (ДВС), топливом для которых служила вода, обработанная сверхмощными электрическими и акустическими полями [1]. Пирамиды генерировали вибрацию и электричество, позволявшие создавать вибрационно-электрические технологии, с помощью которых велась добыча и переработка полезных ископаемых, обрабатывались и транспортировались каменные блоки, возводились уникальные сооружения. Кроме того, пирамиды генерировали сверхмощные радиоизлучения вспомогательного назначения.

Исходные данные для формирования моей гипотезы:

1. В пирамидах с мегалитической кладкой не найдено признаков первичных захоронений.

2. Возраст пирамид сопоставим с возрастом Сфинкса. Международный конгресс геологов сделал официальное заявление, которое подписало около 300 известных ученых: на основании Сфинкса присутствуют отчетливые следы водной эрозии, а дождливый период закончился в Египте 12000 лет назад. То есть Сфинкс и пирамиды старше Древнего Египта, по меньшей мере, на 8000 лет.

3. «Пирамида» в переводе с древнегреческого языка означает «с огнем внутри», у одной из древних народностей Египта нет слова пирамиды, но есть «Пер-Нетер», что означает «дом энергии».

4. По Геродоту пирамиды стояли на островах посреди искусственных озер. В индийских эпосах война Богов закончилась тем, что Боги-победители лишили пирамид воды. В СССР были изобретены ДВС, в которых топливом служила вода с присадками, на катере с таким ДВС изобретатель катал представительную комиссию два дня, заправляя бак только водой.

5. В Библии (Ветхом Завете) дано описание пирамид и нескольких радиотехнических устройств, которые работали от энергии пирамид.

6. Исследователи конструкции пирамид убедительно доказали, что составляющие их каменные блоки обрабатывались с использованием машинных технологий, причем точность обработки и строительства недостижимая даже для нашего времени. Например, в Большой пирамиде Хеопса (БПХ) есть гранитные блоки с массой 70 тонн, поверхность которых обработана с точностью, близкой к точности гранитных поверочных плит, ни одно из камнеобрабатывающих предприятий мира сегодня не в состоянии повторить это.

7. БПХ до сих пор генерирует электричество. Известный немецкий инженер Сименс, забравшись на её вершину, обмотал мокрый носовой платок вокруг бутылки с вином (получился аналог известного со школьной скамьи конденсатора – Лейденской банки), поднял ее над головой, между вином и платком засверкали искры (то есть напряжение составило десятки киловольт). Во время Второй мировой войны английским летчикам было запрещено пролетать над пирамидами, так как выходило из строя электрооборудование самолетов. Во время арабо-израильской войны три израильских Миража на высоте бреющего полета пролетели над БПХ, разбудили её ревом реактивных двигателей и уткнулись носами в песок.

Заполняем ряд помещений БПХ водой, заполняем Камеру царя какой-либо стартовой топливной смесь, например, на основе водорода, и поджигаем её, запуская процесс работы. В БПХ так называемая Камера царя является генератором импульсного давления газа по типу камеры сгорания ДВС, в котором энергия взрыва топливной смеси преобразуется в ударную волну давления выхлопных газов. Следующей интересной системой Камеры царя является Саркофаг. Он работает, как акустический резонатор с основной частотой 438 Гц, что многократно проверялось различными исследователями, как с помощью музыкальных инструментов, так и с помощью анализаторов спектра. Оптимальные характеристики процесса сгорания в водородном ДВС протекают при коэффициенте избытка кислорода 1-2,5, соответствующее этим параметрам время периода видимого сгорания водорода составляет 0,75-2,5 мс. Длительность периода импульса акустического давления в Камере царя на частоте 428 Гц равна 2,3 мс, поэтому ревущий Саркофаг интенсифицирует процесс сгорания топлива.

Для обеспечения большой мощности ДВС в его камеру сгорания необходимо впрыснуть много топливной смеси, речь идет о величинах порядка 1-10 кг водорода. Это задача непростая, однако, создатели БПХ решили её с помощью воды, содержащей все необходимые компоненты топливной смеси

в плотно упакованном виде. Водный пар в Камере царя подвергался воздействию мощнейшего акустического поля от Саркофага, которое вызывало кавитацию, разрывавшую молекулы воды на водород и кислород, образовывался гремучий газ. Подобные кавитационные процессы разложения воды в наше время начали применяться в системах генерации водорода для альтернативной энергетики. Гранит в Камере царя добыт в каменоломне Асуана, находящейся на расстоянии 809 километров от БПХ. На такие затраты создателям БПХ пришлось пойти из-за необычных свойств этого гранита – в нем 55% кварца. Кварц – это пьезоэлектрический материал, который при механических воздействиях генерирует электричество. При ударных нагрузках механизм генерации электричества несколько иной, и электричества может вырабатываться в десятки и сотни раз больше, чем при пьезоэффекте. В детали пока не вникаем, для нас важно, что в Камере царя при ударных нагрузках будут, образно говоря, сиять молнии, которые совместно с акустическим полем будут эффективно диссоциировать воду (разрывать ее молекулы), создавая водородно-кислородную топливную смесь.

Ударная волна от взрыва из Камеры царя через Предкамеру попадает в Большую галерею и, отражаясь от ее потолка и торцевых стен, возвращается точно в проход Предкамеры. Как это происходит, показано на рис. 1. Если моя гипотеза верна, то взрывы в Камере царя оставят на деталях ДВС в БПХ следы износа (как в современных ДВС со временем прогорают клапаны, истираются кулачки распределительного вала). На рис. 1 приведены фотографии дефектов, наглядно иллюстрирующие справедливость моей гипотезы. Обратим внимание на Саркофаг с обломленной стенкой: исследователям известно, что «обломленный» участок оплавлен. Исследователям БПХ известно, что стены Камеры царя раздвинулись на 2,5 см, теперь причина этого понятна.

Измеренный по схеме на рис. 1 путь пробега волны составляет 49,5 м, что соответствует периоду волны 0,15 с, если исходить из скорости звука в воздухе 330 м/с. Таким образом, ДВС в Камере царя работает с периодом рабочего цикла $2 \times 0{,}15 = 0{,}3$ с или с частотой 3 Гц.

Ряд признаков, в частности соль на стенках Камеры царицы и нижней части Большой галереи, позволили предположить исследователям, что эти сооружения были заполнены жидкостью (водой, возможно с примесями солей). Волны давления ударной волны из ДВС Камеры царя в Большой галерее преобразовывались в волны давления в воде элементом БПХ известным, как Большой мост. Отметим, название условное, описывает несуществующий мост, так как его деталей не найдено. Зеркало воды воспринимало давление ударной волны и, как поршнем, только жидким, передавало его в Восходящий проход. Затем через Горизонтальный проход давление передавалось в Камеру царицы, а через её стены, пол и потолок давление передавалось каменной кладке БПХ, пирамида содрогалась.

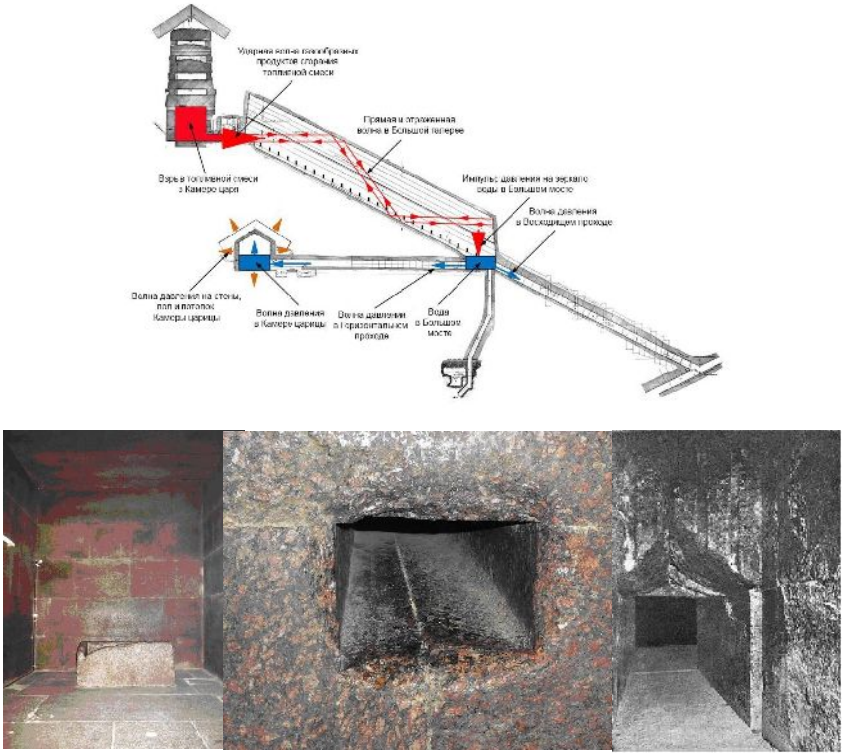


Рис.1. Сечение Большой галереи вдоль её оси по длине и путь волн, отраженных от потолка и пола. Схема передачи волны давления от взрыва топливной смеси в Камере царя. Разрушения Саркофага. Разрушения входа в вентиляционную шахту. Разрушения вокруг входа в Предкамеру из Большой галереи

Ударная волна в воде под давлением движется в Восходящем проходе, достигает Гранитных Пробок, отражается от них, затем разгоняется в Восходящем проходе, как в гидравлической пушке, которая выстреливает в Большую галерею водный сгусток. Он, как снаряд, летит по направлению оси Восходящего прохода вдоль Большой галереи, ударяется о ступеньку перед Предкамерой и отражается от неё вверх, превратившись в водную взвесь. Вот почему ось Восходящего прохода упирается в ступеньку Предкамеры с высочайшей точностью. В следующее мгновение после удара о ступеньку Предкамеры водную взвесь подхватывает вернувшаяся к Предкамере отраженная воздушная ударная волна из Большой галереи и загоняет её в Предкамеру. Этот процесс иллюстрируется рис. 2.

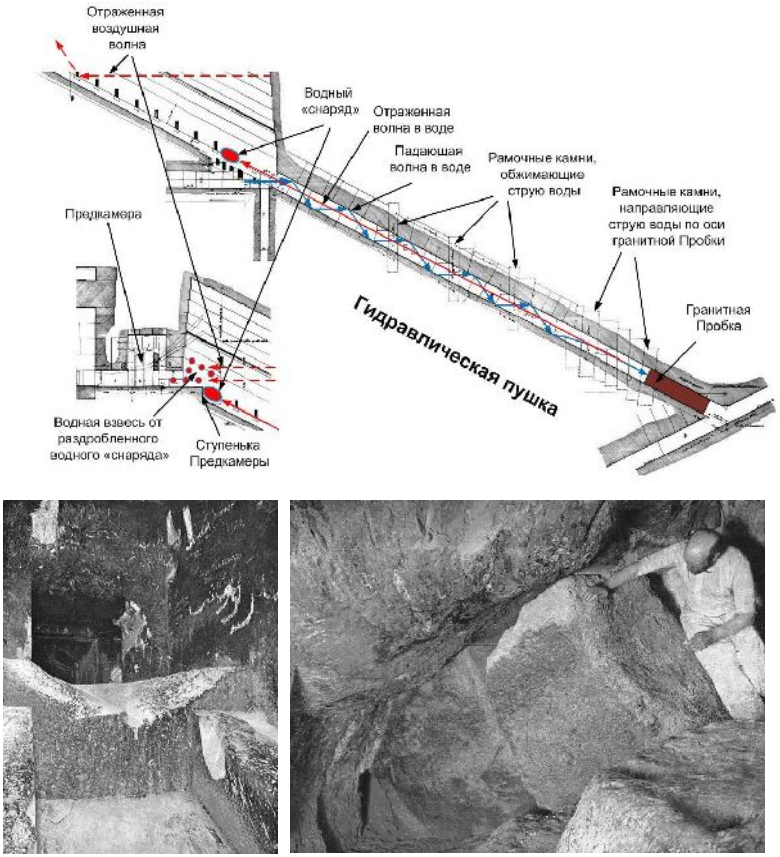


Рис. 2. Условная схема подачи топливной смеси в Предкамеру. Эрозионный износ Ступеньки перед Предкамерой и поверхности Гранитной Пробки

Фотографии на рис. 2 также наглядно иллюстрируют износ деталей инжектора топливной смеси, который в полной мере соответствует описанным принципам работы системы.

Размер водного тела может быть определен приблизительно по его отпечаткам, отразившимся в картине эрозионного износа ступени Предкамеры. Зона локального износа ступени Предкамеры в своей нижней части имеет сравнительно небольшой поперечный размер, не превышающий 20-30 см. Водное тело, отражаясь от ступеньки, должно иметь активную часть, не превышающую высоту прохода в Предкамеру, только в этой зоне его может переместить в

Предкамеру отраженная ударная волна. Если предпосылки верны, то водное тело могло исходно быть в форме большой капли с размерами эквивалентного цилиндра: диаметр около 25 см, длина от 25 см до 1 м. Такая «капля» могла вмещать объем воды максимум около 50 л. Один литр воды, преобразованный в гремучий газ, в состоянии генерировать тепловую энергию порядка 16 МДж, что эквивалентно энергосодержанию почти четырех килограммов тротила. Для 50 л эта величина составит 800 МДж (200 кг тротила). При трех рабочих циклах в секунду мощность энергоустановки БПХ могла бы составить 2400 МВт (один энергоблок Чернобыльской АЭС имеет мощность 1000 МВт).

Гипотеза о назначении Восходящего прохода позволяет объяснить сложную пространственную систему расположения Рамочных камней. Со стороны Большой галереи первые три камня наклонены к оси Восходящего прохода под одинаковым углом. Падающая ударная волна в воде формируется на поверхности Большого моста, в Восходящий проход она заходит не только по его оси, но и под углом. Если мы построим картину отражения волны от потолка, пола и стен Восходящего прохода, то увидим, что геометрическая ось распространения отраженных волн в зоне расположения Рамочных камней совпадает с нормалью к плоскости первых трех Рамочных камней. Их колебания как бы обжимают распространяющуюся волну давления по направлению к центральной оси отраженных волн. Семь Рамочных камней у Гранитной Пробки расположены под разными углами, веером, с помощью этой группы камней отраженные волны на пути к Гранитной Пробке разворачиваются в направлении, совпадающем с осью Восходящего прохода. Нанеся осесимметричный удар по центру Гранитной Пробки, волна отражается от нее точно по оси Восходящего прохода и в тонкой сверхзвуковой струе выстреливается к Предкамере. Еще раз обращаю внимание читателя на характер износа поверхности Гранитной Пробки, который виден на фотографии рис. 2. Поверхность Гранитной Пробки не только вогнутая из-за бесчисленных ударов по ней торца струи, сжатой кумулятивным эффектом, но и эродированная поверхность камня имеет правильную форму шарового сегмента с центром по оси камня Гранитной Пробки, что и должно быть следствием рассмотренного механизма работы Рамочных камней. Вероятно, что исходная форма поверхности торца Гранитной Пробки также имела криволинейную форму. Благодаря этой форме на торце Гранитной Пробки формировался водный «снаряд» тороидальной формы, вихрь (как колечко дыма), который устойчив при движении в жидкости и газе. Тороид нанизывался на сверхзвуковую струю по оси Восходящего прохода и по ней, как по направляющей, летел по «стволу» гидравлической пушки.

Воспламенение топливной смеси происходит в Предкамере (на подобном принципе работают современные форкамерные ДВС), которая представляет собою как бы плазменно-химическо-акустическо-электрический реактор. В нем после взрыва в Камере царя удерживается часть плазмы взрыва, и она обрабатывается акустическими и электрическими полями.

Есть в ДВС БПХ и топливный насос, его работа иллюстрируется рис. 3. Для того чтобы топливный насос с виртуальным поршнем мог работать, его основа – ударная труба длиной более 100 м – должна быть выполнена идеально точно, отклонение оси Наклонного прохода на первых 45 м не превышает 0,5 мм, а по полной длине – 5 мм. Обломок каменной пробки с дросселирующим отверстием до сих пор лежит в Наклонном проходе.

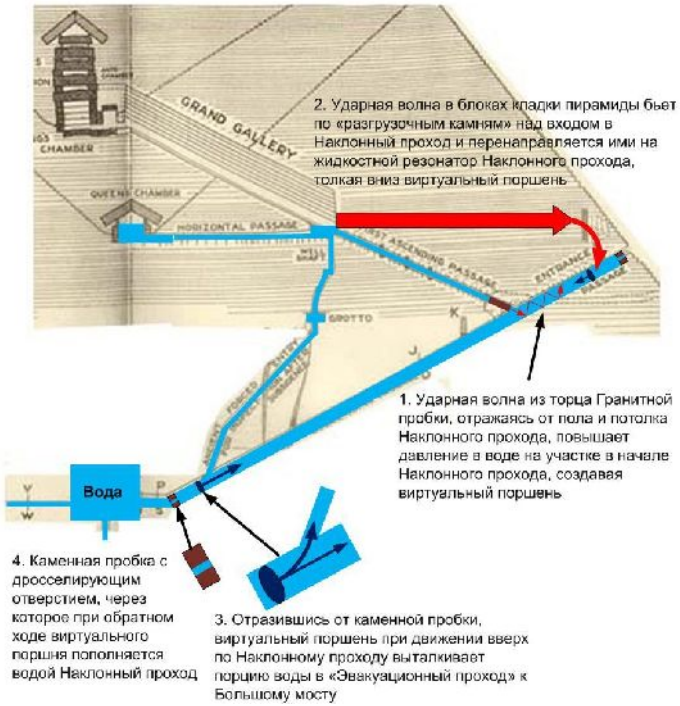


Рис. 3. Принцип работы топливного насоса Наклонного прохода.

Мы подошли к исследованию самого интересного вопроса: как БПХ генерирует электрическую энергию?

Мы уже знаем, как заставить колебаться в резонансе миллионы тонн камней БПХ под действием ударных волн из Камеры царицы. Каждое такое колебание инициирует ударные волны не только в материале пирамиды, но и в скальном массиве под ней. Эти ударные волны создают микродеформации в каменных блоках пирамиды и скальном массиве под ней, что приводит к генерации импульсных ЭЗ и соответствующего им электрического поля.

Электродинамические явления при ударном сжатии пород достаточно полно изучены в рамках исследований, относящихся к электромагнитному импульсу ядерных и обычных взрывов, а также при исследовании электро-

магнитных явлений при землетрясениях [2]. Большинство пород, не являющихся идеальными кристаллами, могут при ударных нагрузках генерировать мощные импульсы ЭЗ (поля) именно из-за своего несовершенства (наличия в их структуре дислокаций, микроскопических пор, заполненных водой и других дефектов). При прохождении фронта ударной волны сжатие кристаллической решетки вызывает искажение равновесной конфигурации атомов в окрестностях дефектов, в результате чего последние могут перемещаться. При перемещении происходит перенос ЭЗ, генерирующий электрическое поле. Дислокационный механизм переноса ЭЗ при ударной поляризации создает поверхностный ЭЗ и соответствующее ему электрическое поле, причем несоизмеримо большее, чем при пьезоэффекте. Гранит при давлении ударных волн 20 кбар может в образце толщиной 10 мм генерировать электрический сигнал с напряжением в сотни вольт. Не менее интересно и то, что диэлектрическая проницаемость при этом скачкообразно возрастает в десятки раз, то есть может превысить даже диэлектрическую проницаемость чистой воды. Отметим, что ударная электрическая поляризация гранита происходит при сколь угодно малых давлениях на фронте ударной волны. Это важно для работы ДВС Камеры царя, этот процесс должен происходить не только при мощных ударных и детонационных волнах, но и при относительно слабом давлении на фронте акустической волны. Для нашего исследования также важно, что в пористом известняке, насыщенном водой, из которого сложен основной объем БПХ, максимальная напряженность электрического поля на поверхности поры при ударном сжатии может достигать 100 МВ/м, то есть все горные породы, составляющие каменную кладку пирамиды, могут генерировать электричество. Ряд исследователей указывает на возможность формирования в породах при ударном сжатии множества p-n переходов по типу транзисторов или тиристоров, которые могут создавать мостики для перехода ЭЗ с зоны деформации на поверхность сжимаемого блока. Возможно, этот механизм приводит к скачкообразному возрастанию электропроводности пород при прохождении ударной волны. Например, удельная электропроводность сухого гранита составляет примерно 10^{-12} $Ом^{-1}м^{-1}$, а при ударном сжатии скачком возрастает до 0,01-0,5 $Ом^{-1}м^{-1}$. Нижнее значение соответствует удельной электропроводности озерной пресной воды, а верхнее значение – соленой воды (около 2 граммов NaCl на литр воды). Гранит стал хорошим проводником! Еще более значимые для нашего исследования превращения происходят с пористым известняком основной кладки БПХ. Электропроводность пористых пород (сухих и влажных) при ударном сжатии на два порядка величины выше, чем для плотных пород. В сухих породах рост электропроводности объясняется тем, что воздух в порах ионизируется. Во влажных породах это происходит потому, что вода в порах при ударном сжатии диссоциируется (происходит распад молекул), при этом её электропроводность достигает 10^{3} $Ом^{-1}м^{-1}$, это значение всего лишь в 100 раз меньше, чем у железа. Такого состояния воды невозможно добиться с помощью насыщения её

солью, так как в насыщенном растворе (около 1000 граммов NaCl на литр воды) удельная электропроводность всего лишь 50 $Ом^{-1}м^{-1}$. Необходимо учитывать, что изменение электрических характеристик горных пород происходит на фронте ударной волны, но имеет определенное время релаксации, то есть состояние сохраняется еще какое-то время после прохода фронта ударной волны. Применительно к БПХ этот механизм может объяснить перемещение ЭЗ от основания пирамиды к ее вершине при относительно низкой начальной электропроводности каменных блоков пирамиды. Волна проводимости, перемещаясь с высокой скоростью по кладке пирамиды, вытесняет ЭЗ на вершину пирамиды, как мог бы это сделать быстродвижущийся металлический поршень.

Преобразование колебаний пирамиды в импульсный ЭЗ происходит в параллельных слоях каменных блоков. Чередующиеся слои блоков и изолирующих зазоров между ними создавали систему конденсаторов, емкость которых уменьшалась от основания к вершине пирамиды. Соотношение площади основания пирамиды и поверхности вершины пирамиды составляла примерно 1/500, соответственно уменьшалась и ёмкость конденсаторов (слоев) пирамиды. Если ЭЗ со слоя в основании передавался на вершину БПХ без изменения, то, в первом приближении, на этом пути напряжение могло возрасти в сотни раз.

Но в БПХ были необычные конденсаторы, в них одновременно с накоплением электрической энергии возбуждался при прохождении ударной волны и ЭЗ. Еще одно необычное свойство таких конденсаторов состоит в том, что в них не только возбуждается ЭЗ при прохождении ударной волны, но и на мгновение формируются токопроводящие обкладки. При движении ударной волны по такому многослойному динамическому конденсатору из камня каждого слоя кладки будет извлекаться ЭЗ, который на короткое время формирует импульс напряжения на динамической токопроводящей обкладке. Ударную волну при распространении её от основания к вершине пирамиды сопровождает нарастающий ЭЗ и волна нарастающего импульсного напряжения, переходящая от слоя к слою кладки пирамиды вплоть до вершины пирамиды.

Именно для реализации такой необычной конструкции генератора в БПХ и потребовалось формировать многочисленные (215 слоев) точнейшие параллельные слои из каменных блоков и их связующего. Если ориентироваться на напряженности электрического поля, создаваемого в породах при ударном сжатии, порядка мегавольта на метр, то один слой пирамиды мог бы генерировать импульс напряжения порядка одного миллиона вольт, а 215 слоев, в которых напряжения суммируется – около 200 МВ. Вопрос о том, как могла изоляция между слоями кладки выдержать такие напряжения, пока не исследован применительно к БПХ, однако электрическая прочность изоляции порядка 10 кВ/мм, а именно такая напряженность поля будет в изоляции слоев БПХ, для современной электротехники не является сверхъестественным значением. Самый слабый искусственный изоляционный материал – электрокар-

тон – имеет электрическую прочность изоляции порядка 12 кВ/мм, а природный пчелиный воск – 22 кВ/мм. В подтверждение моей гипотезы отмечу, что в одной из наиболее известных пирамид Мексики – пирамиде Солнца – изоляция между верхними слоями кладки была выполнена из слюды толщиной 70 мм, причем добывали ее в карьере, удаленном от пирамиды на 3000 км, ближе слюда была, но электрические характеристики ее были намного хуже. Слюда имеет электрическую прочность около 10 МВ/см, поэтому 70 мм изоляции были рассчитаны ориентировочно на напряжение не менее 50-70 МВ, но в мексиканской пирамиде кладка толще и слоев меньше, потому и возникла необходимость в более качественной изоляции. Схема на рис. 4 иллюстрирует процесс генерации электрического импульса напряжения на вершине БПХ.

Мною приведены самые общие соображения, методик расчета таких генераторов пока нет, если и появятся, то нескоро, так как это сложнейшая электродинамическая пространственная система, составляющие которой образуют подсистемы в диапазоне размеров от нанометров до сотен метров.

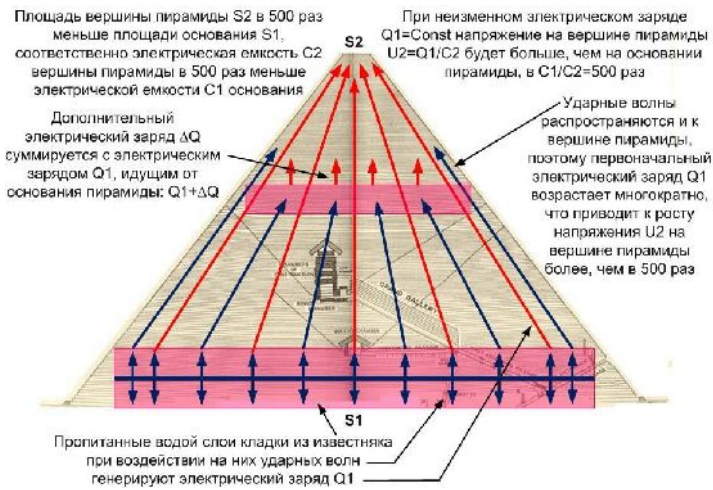


Рис. 4. Упрощенная схема процесса генерации электрического импульса напряжения на вершине БПХ.

Наше исследование объясняет, что за «трансформатор напряжения» использовали творцы БПХ. Напряжение пирамидой действительно трансформировалось, но путем сложения напряжения отдельных слоев кладки пирамиды, которое в этой же кладке и возбуждалось ударными волнами, генерируемыми ДВС и иными системами БПХ. Повышение напряжения обеспечивалось также последовательным, от основания к вершине, переносом ЭЗ с большей динамической ёмкости на малую динамическую ёмкость. В резуль-

тате на поверхности Земли возникала импульсная динамическая электрическая неоднородность, которая, образно говоря, вытягивала своим электрическим полем объемный ЭЗ из Земли, с каждым импульсом повышая и повышая потенциал на вершине БПХ и её окрестностях. Гениальное решение – **«каменная электростанция»**, без медных либо железных проводов, **«каменно-конденсаторная электротехника»**! Строить можно в любом месте, где есть камень и скальные основания, экологичность замечательная, ни дымящих доменных печей, ни прокатных станов, все материалы взяты из окружающей природы. Наиболее вероятно, что создатели БПХ сделала правильные выводы, наблюдая электрические явления при землетрясениях. На основе этих природных процессов, поняв физику явлений, творцы БПХ разработали принципиально иную концепцию производства электроэнергии, с минимальным вредным влиянием на окружающую среду.

Фактически этим описанием я вновь изобретаю одну из утерянных технологий генерирования электрической энергии в каменном, без единого кусочка металла, генераторе. Причем эта технология экологически чистая (присутствует только электромагнитное загрязнение), и относится к области альтернативной энергетики, использующей бесконечно большие и возобновляемые запасы топлива – воды.

Библиографический список:

1. Сухоруков С.А. Энергетические установки на основе пирамид. – Известия АЭН РФ, № 1-2, 2014, с. 85-95.

2. Сурков В.В. Электромагнитные эффекты при землетрясениях и взрывах. – М.: МИФИ, 200, 448 с.

3. Сухоруков С.А. Электромагнитная совместимость: сверхмощные электромагнитные воздействия. – Калуга, 2013, 448 с.

4. Сухоруков С.А. Я разгадал секреты пирамид? – Тула: Аквариус, 2014, 466 с.

THE PYRAMID AS A HEAVY-DUTY ELECTRICAL AND RADIO INSTALLATION

Doctor of electrical engineering, Academician of Academy of electrotechnical Sciences of the Russian Federation, General Director-chief designer Sukhorukov S., EMCOTEC State Kaluga, e-mail: emcotec@yandex.ru.

Abstract: Pyramids of Egypt, China and some other countries have recently started to attract attention of researchers, specialized in engineering and technics. It is clear that enormous build costs of the pyramids can only be explained by the global purposes, such as military, aerospace, energy. In the article pyramided are considered es objects of alternative energy.

Keywords: Pyramid, electric charge, water, stone, ionosphere, global electric circuit.

УДК 537.

ПИРАМИДЫ КАК СВЕРХМОЩНЫЕ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ И РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ
Часть 2

Сухоруков С. А.

Доктор электротехники, Академик АЭН РФ, генеральный директор-главный конструктор ЗАО «ЭМСОТЕХ»
e-mail: emcotec@yandex.ru

Аннотация: Пирамиды Египта, Китая и других стран мира в последнее время стали привлекать внимание исследователей с инженерным, техническим образованием. Априори понятно, что огромные затраты на создание пирамид могли быть оправданы только в глобальных целях, например, военных, космических, энергетических. В докладе рассматриваются пирамиды, как объекты альтернативной энергетики и устройства для генерирования сверхмощных радиосигналов.

Ключевые слова: Пирамиды, электрический заряд, вода, камень, ионосфера, глобальная электрическая цепь.

Мы рассмотрели относительно простую гипотезу, превращающую БПХ в электростанцию, она опирается на известные электрические свойства горных пород. Рассмотрим вторую, более сложную гипотезу. В ней описанный выше механизм генерации электричества из камня присутствует, но является вспомогательным.

Есть еще один источник ЭЗ в БПХ, намного мощнее того, что скрывается в камне, это – вода. Количество электричества, которое генерируется в одном литре воды при потере каждой молекулой воды одного электрона, будет равно произведению числа Авагадро на количество молей молекул воды в одном литре $96485 \times 55{,}56 = 5360706{,}5$ *Кл*. Был поставлен эксперимент на физической модели Камеры царя, в ходе которого было установлено, что водные поры в сильном электрическом поле при воздействии на них мощным акустическим полем (в опыте использовались два излучателя мощностью по 1 кВт) на частоте колебаний Саркофага начинают интенсивно отдавать ЭЗ. На рис. 5 приведена структурная схема экспериментальной установки и результаты экспериментов.

Экспериментальные характеристики наглядно демонстрируют, что при включении модели ревущего с мощностью 1-2 кВт «Саркофага» отдаваемый водой ЭЗ увеличился в несколько раз в сравнении с аналогичным показателем в разрядном промежутке, заполненном парами воды. То есть, вода при определенных условиях может быть топливом для альтернативной энергетики.

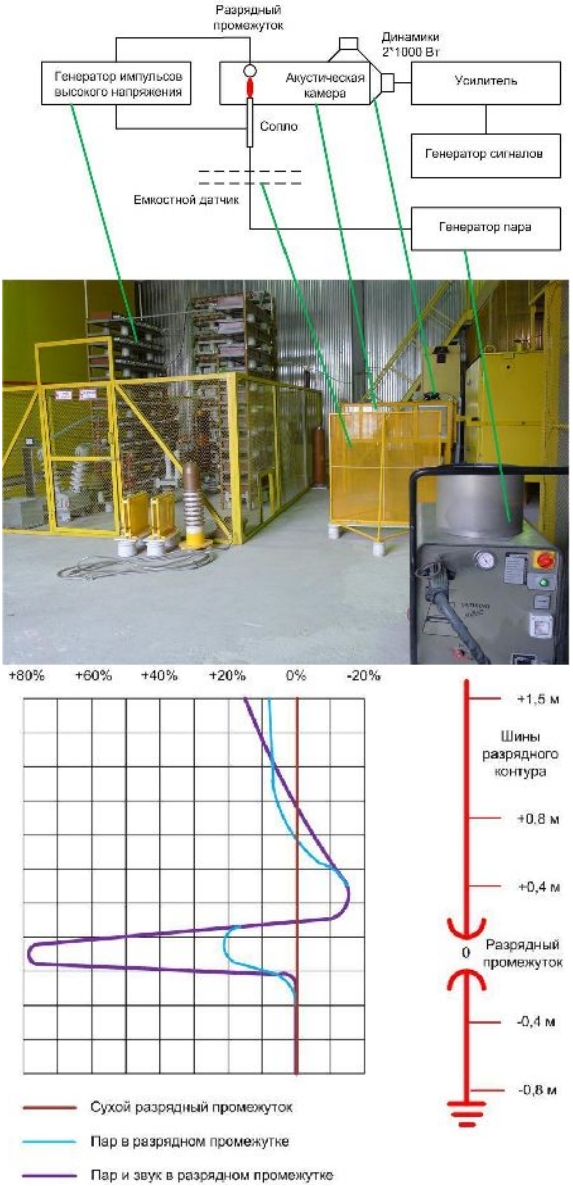


Рис. 5. Структурная схема эксперимента с моделью Камеры царя БПХ и относительно изменение величины ЭЗ, истекающего из разрядного промежутка при различных условиях эксперимента.

Таким образом, если процессы в БПХ обеспечивали разрыв молекул воды, то на каждый литр воды можно было бы получить ЭЗ величиной до 5 МКл. Процесс приготовления топливной смеси в БПХ посредством обработки исходной водной взвеси различными видами физических воздействий (акустические колебания, электрические поля и тому подобное) как раз и направлен на разрыв молекул воды. Поэтому можно предположить, что в ходе этого процесса возникает избыточный ЭЗ. При рассмотрении процессов смесеобразования в наших расчетах фигурировал объем воды 50 л, который подвергался наиболее значительным преобразованиям на последней стадии в Камере царя. Длился этот процесс примерно 15 мс. Примем для примера, что в ходе энергетического процесса преобразования воды на долю электрических преобразований пришлось 10% от общего объема воды в одной порции топливной смеси. Тогда за время 15 мс в Камере царя образовался избыточный ЭЗ величиной 25 МКл. Это означает, что при частоте повторения 3 Гц и, соответственно, скважности импульсов тока, равной *300мс/15мс=20*, среднее значение тока составляло бы 25×10^6 *Кл/20=1,25 МА*. Это уже много даже по меркам современной электротехники. Как этот ток (ЭЗ) отвести из Камеры царя?

Ответ может показаться на первый взгляд странным – с помощью так называемой Разгрузочной камеры. Механикам известно, что она вовсе ничего не разгружает, а только дополнительно нагружает стены над Камерой царя. Таких конструкций нет ни в одной пирамиде мира, и ее назначение было совершенно непонятно. Большинство исследователей относили ее к ошибкам строителей и считали бесполезной. Но создатели БПХ с большой пользой употребили Разгрузочную камеру в БПХ.

Балки перекрытия Потолка Камеры царя и Разгрузочной камеры представляют собою механические резонаторы с высокой добротностью. То есть по ним долго гуляют ударные волны, возбуждаемые взрывами топливной смеси в Камере царя. Причем гуляют ударные волны в каждой балке по своим законам, так как балки со средним размером 1,5×1×7 м имеют разную массу и разную форму одной из граней. Соотношение размеров балок позволяет предположить, что основные колебания направлены вдоль длинной оси балок, это продольные волны. На фронте ударной волны в граните формируется зона изменения проводимости, диэлектрической проницаемости и ЭЗ. Таким образом, поперек Разгрузочной камеры на пяти уровнях по десяткам гранитных балок движутся взад и вперед сотни и тысячи электромагнитных неоднородностей, состоящих из ЭЗ, одноименных с избыточным ЭЗ, извлеченным из воды в Камере царя. Поэтому они способны, как поршнем, выдавливать ЭЗ из объема Разгрузочной камеры в слои БПХ, являющиеся волноводом для этого процесса.

Почему ЭЗ, образовавшийся в Камере царя, должен выбрать путь через Разгрузочную камеру? Гранитные блоки стен и пола Камеры царя при взрыве топливной смеси колеблются в направлении поперек стен и пола, причем ко-

леблются самостоятельно, так как они между собою и блоками Разгрузочной камеры не связаны. А связаны они одной из поверхностей с неподвижными блоками тела пирамиды, отражающими колебания стен и пола. У блоков потолка такой связи нет. Соответственно направлению колебаний вместе с ними, поперек пола и стен Камеры царя, движутся на фронте ударной волны зоны изменения проводимости, диэлектрической проницаемости и ЭЗ. В результате в Камере царя формируется как бы проводящая коробка с прозрачным для ЭЗ потолком, похожая на электромагнитную экранированную камеру без потолка. Причем эта коробка имеет пульсирующий ЭЗ, одноименный с избыточным ЭЗ. Поэтому избыточный ЭЗ выжимается стенами и полом Камеры царя и устремляется вверх, на блоки Разгрузочной камеры, а те коммутируют его на слоистую кладку БПХ. Особенности геометрии БПХ позволяли башне камней (этажерке) в Разгрузочной камере раскачиваться попеременными ударами с разных ее сторон. Эти колебания принудительно разгоняют ЭЗ из Разгрузочной камеры в окружающие ее слои кладки пирамиды. Описанный процесс иллюстрируется схемой на рис. 6. Аналогичным образом коммутируется и мазерное излучение из паров воды (о нем – ниже).

Таким образом, Камера царя является генератором ЭЗ, а Разгрузочная камера служит своего рода насосом для перекачки ЭЗ из Камеры царя в каменные блоки слоев БПХ.

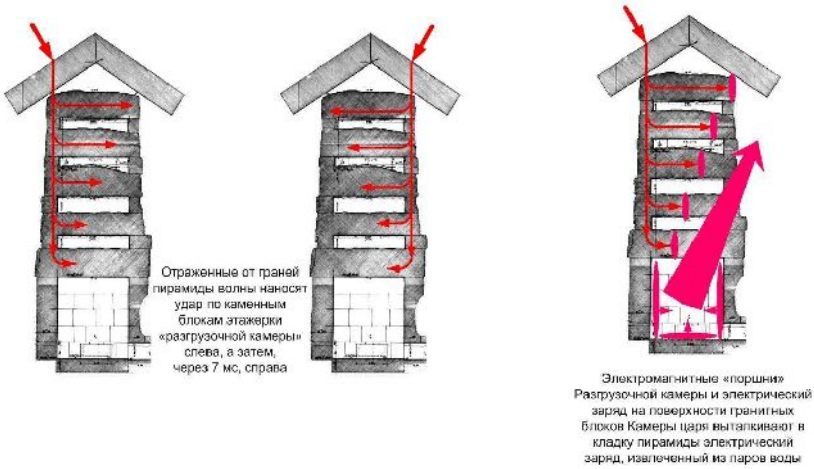


Рис. 6. Условная схема воздействий волновых изменений электрических свойств гранита в блоках Разгрузочной камеры на ЭЗ.

По БПХ вверх и вниз движутся ударные волны, сформированные в Камере царицы, вместе с ними движутся на фронте ударной волны зоны изменения проводимости, диэлектрической проницаемости и ЭЗ в каменной кладке

БПХ. Они формируют вдоль слоев пирамиды каналы, по которым ЭЗ могут перемещаться из Разгрузочной камеры на грани пирамиды. С облицовки БПХ объемные ЭЗ отстреливаются на виртуальный плазменный электрод в небе над пирамидой, а с него – в ионосферу. По Глобальной электрической цепи «Земля – ионосфера» потек ток. Если на Земле есть приемное устройство (например, пассивные пирамиды в Китае, Мексике, Перу), то оно может отбирать часть тока и передавать его потребителям. Отметим, что величина тока из БПХ в нашем примере равна 1,25 МА, что относительно безопасно для состояния ионосферы, так как по ней течет природный ток примерно в сто раз больше.

В нашем исследовании появился новый термин – «виртуальный электрод», который выступает в качестве промежуточного емкостного накопителя. Не будь его, огромный ЭЗ бесполезно бы расходовался на генерацию молний с вершины пирамиды. Сверхмощные быстроизменяющиеся электромагнитные поля, воздействуя на активизированные акустическими колебаниями пары воды, вынуждают их генерировать когерентные электромагнитные колебания. Механизм этот хорошо известен, называется устройство – мазер или квантовый генератор, у мазера на парах воды H_2O длина волны 1,35 см. Природные космические мазеры на водных парах сравнительно недавно были открыты учеными-астрофизиками. Но приемлемой гипотезы, объясняющей их существование, не предложено, так как существование паров воды в открытом космосе невозможно. Вполне вероятно, что астрофизики обнаружили излучение из пирамид на других планетах.

На длине волны 1,35 см диэлектрические материалы кладки пирамиды могут выполнять функции диэлектрических волноводов, линз и иных аналогичных конструктивных элементов СВЧ техники. В БПХ слои каменных блоков формируют диэлектрический волновод к граням пирамиды. Они в БПХ вогнутые и работают как отражатель. С учетом размера стрелки прогиба грани около одного метра фокусное расстояние составит порядка 1500 метров, поэтому возникнет фокус на высоте над землей примерно 1000 метров. На этом расстоянии СВЧ излучение будет фокусироваться в шнуре. Плотность энергии в фокусе огромна, поэтому в нем возникает плазменный разряд. В воздухе над БПХ сформирован виртуальный плазменный каркас пирамиды, состоящий из четырех плазменных каналов. Но их положение не будет фиксированным, каналы будут перемещаться вокруг БПХ, формируя её виртуальный облик в атмосфере. Сканирование луча обеспечивает Разгрузочная камера. Ударное возбуждение блоков её перекрытия происходит по сложному закону, в результате зона генерирования когерентных электромагнитных колебаний, мазер в Камере царя, перемещается по помещению. Соответственно, меняется положение фокуса, формируемого гранями пирамиды, СВЧ излучение сканируется. Итог: над БПХ сформирован виртуальный плазменный электрод, напоминающий по форме БПХ.

Динамическая электрическая неоднородность на поверхности Земли, которой является БПХ, способна инициировать процессы перекачки объ-

емного ЭЗ из Земли в ионосферу. Тем самым к ЭЗ, извлеченным БПХ из камня и воды, добавляется ЭЗ из Земли, что приводит к существенному возрастанию энергетического потенциала БПХ. Описанные процессы иллюстрируются схемами на рис. 7.

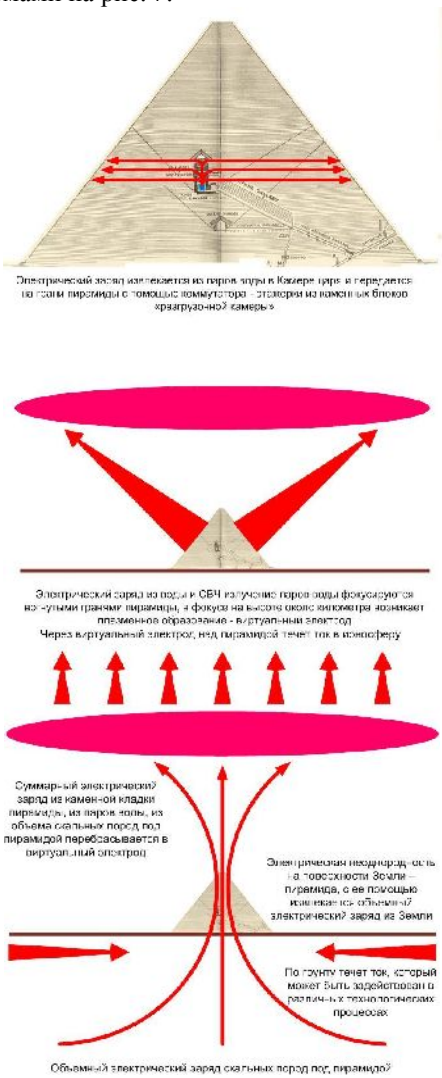


Рис. 7. Генерация ЭЗ из воды, извлечение его из Земли и последующая перекачка ЭЗ в ионосферу

Для оценки энергетических возможностей такого процесса выполним расчет энергии, которая могла быть передана ионосфере от БПХ. Для емкости ионосферы 15000 мкФ и избыточном ЭЗ, сброшенном с БПХ, который примем 25 МКл, определим энергию:

$$W=Q^2/2C=(25\times10^6 Кл)^2/2\times15\times10^{-3}Ф=21\times10^{15}\ Дж.$$

В переводе на тротиловый эквивалент это означает 5 мегатонн, то есть при работе БПХ в ионосфере три раза в секунду будут как бы взрываться водородные бомбы большого калибра. За сутки взрывается 260000 бомб, может быть, потому и климат на Земле до Великого Потопа был теплее?

Мною исследованы десятки пирамид, все они относятся к энергетическим устройствам, во всех них есть следы эрозионного износа от ударных волн. По конструкции они проще БПХ, но её легче анализировать, так как основные системы в БПХ раздельные. Наряду с активными пирамидами, у которых топливом является вода, существуют и пассивные пирамиды. Они преобразуют ЭЗ из приповерхностного слоя грунта в вибрации; существуют и пассивные пирамиды, которые энергию вибраций грунта усиливают многократно с помощью жидкостного резонатора, а затем возбуждают ими каменный источник ЭЗ. Для примера схема пассивной электрической пирамиды показана на рис. 8.

Подземная галерея и 132 ниши заполнены водой и образуют приемник ЭЗ, одновременно являющийся ёмкостным накопителем с большой поверхностью. Накопленный ЭЗ сбрасывается в атмосферу через диэлектрик каменной кладки пирамиды, устремляя её за собой, пирамида вздрагивает. Примеры того, как ЭЗ может перемещать большие массы проводящих и непроводящих ток материалов даны в [3].

Отметим, что резонансные системы с высокой добротностью, которыми являются пассивные пирамиды, могут пойти в разнос с последующим разрушением, сопровождающимся сильным взрывом, на Земле есть отметины подобных событий. Для предотвращения аварии в пассивных пирамидах предусмотрены каменные регуляторы мощности.

Импульсные ЭЗ передавались от пирамид Египта потребителям преимущественно по реке Нил и его притокам. Например, преобразователь энергии ЭЗ в механические колебания, известный нам, как храм Осирион, был соединен с притоком Нила туннелем, заполненным водой.

Принцип работы подобных преобразователей можно понять, например, по загадочному «Слюдяному храму» в Мексике, его конструкция показана на рис. 9. В преобразователе ЭЗ улавливается электрической ёмкостью бассейна с водой, перебрасывается по туннелю во второй бассейн и

на этом пути заставляет вздрагивать под действием электростатических сил слоистую диэлектрическую структуры пола мастерской.

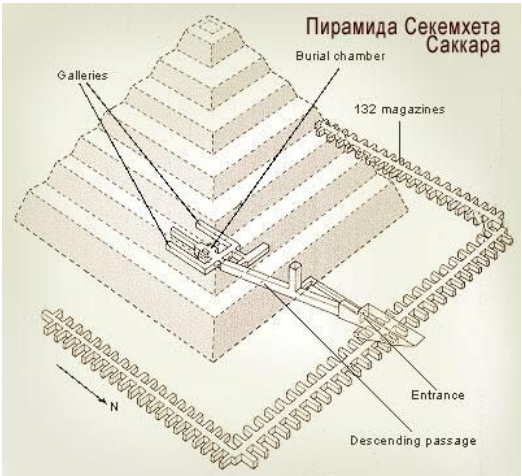


Рис. 8. Схема пассивной пирамиды с антенной-накопителем ЭЗ, Египет

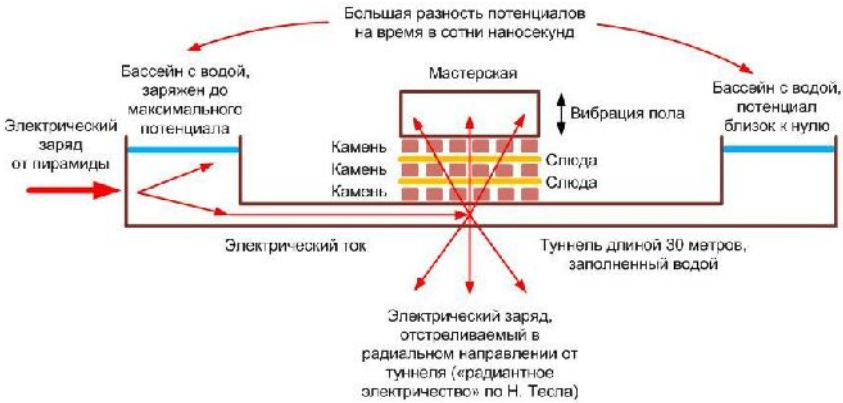


Рис. 9. Упрощенная схема «Слюдяного храма» в Мексике и принцип его работы

Вибрация и электричество позволяли реализовать высокопроизводительные вибрационно-искровые технологии обработки камня, отчасти напоминающие те, которые используют в наше время для изготовления

пуансонов и матриц из твердых сплавов. Вибрационные технологии в наше время используются для транспортировки грузов, и не только по горизонтали, но и вверх, по уклону. С их помощью могли транспортироваться каменные блоки, которые ударное возбуждение заставляло колебаться с большой амплитудой.

Если мои гипотезы верны, то человечеству достались в наследие от працивилизации творцов пирамид невероятно сложные технические устройства, наполненные уникальными знаниями. Они могут позволить в будущем реализовать каменные сверхмощные энергетические устройства альтернативной энергетики и системы энергоснабжения на их основе.

Рамки доклада не позволяют рассказать подробно обо всех особенностях каменной энергетики, это сделано в моей книге [4].

Библиографический список

5. Сухоруков С.А. Энергетические установки на основе пирамид. – Известия АЭН РФ, № 1-2, 2014, с. 85-95.

6. Сурков В.В. Электромагнитные эффекты при землетрясениях и взрывах. – М.: МИФИ, 200, 448 с.

7. Сухоруков С.А. Электромагнитная совместимость: сверхмощные электромагнитные воздействия. – Калуга, 2013, 448 с.

8. Сухоруков С.А. Я разгадал секреты пирамид? – Тула: Аквариус, 2014, 466 с.

THE PYRAMID AS A HEAVY-DUTY ELECTRICAL AND RADIO INSTALLATION

Doctor of electrical engineering, Academician of Academy of electrotechnical Sciences of the Russian Federation, General Director-chief designer
Sukhorukov S., EMCOTEC State Kaluga
e-mail: emcotec@yandex.ru.

Abstract: Pyramids of Egypt, China and some other countries have recently started to attract attention of researchers, specialized in engineering and technics. It is clear that enormous build costs of the pyramids can only be explained by the global purposes, such as military, aerospace, energy. In the article pyramided are considered es objects of alternative energy.

Keywords: Pyramid, electric charge, water, stone, ionosphere, global electric circuit.

УДК 537.531+537.872+613.648

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ИЗЛУЧЕНИЯ БАЗОВЫХ СТАНЦИЙ СОТОВОЙ РАДИОСВЯЗИ КАК ФАКТОР ОПАСНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ЧЕЛОВЕКА

© Н.Н. Грачев, С.Н. Сафонов
Национальный исследовательский университет Высшая школа экономики, Москва, Россия, nngrachev@mail.ru, sns06@mail.ru

Аннотация. Рассмотрено влияние электромагнитных излучений базовых станций сотовой радиосвязи на человека, подвергающегося облучению полями, создаваемыми радиосредствами сотовых сетей. Проведено сравнение допустимых уровней излучений, содержащихся в отечественных и зарубежных нормативных документах. Рассчитаны плотности потока энергии в четырех типичных точках вблизи базовой станции сотовой связи.

Ключевые слова. Сотовые сети, электромагнитная безопасность, электромагнитные излучения, предельно допустимые уровни излучения

Проблема защиты человечества от действия электромагнитных излучений (ЭМИ) в настоящее время приобретает все более важное значение, так как число источников ЭМИ растет, возрастают их мощности. В частности, растет использование электронных средств (компьютеров, телевизионных приемников, радиотелефонов, оргтехники, бытовых приборов и т.п.), пропорционально растет и число людей, у которых появились проблемы со здоровьем, связанные с воздействием электромагнитных излучений. Вот почему возникла необходимость постановки и решения одной из актуальных задач – защиты человечества от электромагнитных воздействий. Появился даже термин «электромагнитное загрязнение», который сейчас применяют многие специалисты, считая его своевременным и точно отражающим электромагнитную обстановку [1 - 3].

В отличие от других факторов окружающей среды, «электромагнетизм» используется в производстве и быту, и его невозможно пока заменить на что-либо другое, менее вредное. И поскольку ЭМИ сопутствуют повседневно и везде в нашей жизни, то вполне правомочна постановка вопроса об обеспечении электромагнитных условий жизни и деятельности человека. Большая часть населения (жители промышленных центров, городов) фактически живет в весьма сложном электромагнитном поле, интенсивность которого на несколько порядков превосходит уровень естественного поля и резко отличается по своим характеристикам от полей естественного происхождения.

Электромагнитное загрязнение переходит в разряд глобальных проблем, стоящих перед человечеством.

Бурное развитие сотовых систем связи сопряжено с облучением пользо-

вателей небезвредным электромагнитным полем. Проблема электромагнитной безопасности технических средств систем подвижной связи изучена слабо. Если экологической чистоте компьютеров по электромагнитному фактору уделяется должное внимание, как за рубежом, так и в нашей стране (разработаны соответствующие ГОСТы, нормативы, ведутся дальнейшие исследования), то над повышением безопасности радиотелефонов работают лишь разработчики оборудования стандарта GSM, но до сих пор проблема остается нерешенной.

В подавляющем большинстве случаев не только пользователи радиотелефонов, но и сами операторы сотовых сетей не имеют полного представления о степени опасности эксплуатируемых радиосредств, хотя данный вопрос волнует, как тех, так и других.

На защиту населения от неблагоприятного воздействия ЭМИ сотовой связи направлены санитарные нормы и правила СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190 - 03 «Гигиенические требования к размещению и эксплуатации средств сухопутной подвижной связи». Требования документа распространяются на источники ЭМИ диапазона частот 27-2400 МГц. Как было выше сказано, базовые станции – это стационарные приемопередающие радиотехнические объекты, излучающие электромагнитную энергию в определенном диапазоне частот и обеспечивающие связь между абонентскими терминалами и системой сотовой связи. Антенны БС устанавливаются на специально сооруженных мачтах на высоте 15-100 м от поверхности земли. Согласно СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190 - 03 допускается установка антенн БС на крышах жилых, общественных и других зданий при условии соблюдения установленных предельно допустимых уровней ЭМП для населения (10 мкВт/см2).

Общее количество базовых станций в нашей стране составляет сотни тысяч объектов. По своей функциональной задаче системы сотовой связи стремятся создать в меру однородное ЭМП с интенсивностью, необходимой для устойчивого функционирования на всей обслуживаемой территории. Этим, а также постоянным наращиванием территорий, покрытых сетями сотовой связи, объясняется взрывообразный рост количества базовых станций. В ходе исследований, проводимых Центром электромагнитной безопасности (Москва) был выполнен мониторинг электромагнитной обстановки вблизи 1347 базовых станций сотовой связи в московском регионе и в одной из областей Центрального административного округа России. Измерения выполнялись в условиях динамического наблюдения в часы максимальной загрузки БС. В рамках санитарно-эпидемиологического обследования измерения ЭМП выполнялись во всех зонах, в которых возможно воздействие ЭМП на население. Установлено что при размещении антенн на башне интенсивность ЭМИ радиочастотного диапазона в момент проведения измерений не превышала предельно допустимые уровни, установленные санитарными правилами и нормами.

Общее количество базовых станций в нашей стране составляет сотни тысяч объектов. По своей функциональной задаче системы сотовой связи

стремятся создать в меру однородное ЭМП с интенсивностью, необходимой для устойчивого функционирования на всей обслуживаемой территории. Этим, а также постоянным наращиванием территорий, покрытых сетями сотовой связи, объясняется взрывообразный рост количества базовых станций. В ходе исследований, проводимых Центром электромагнитной безопасности (Москва) был выполнен мониторинг электромагнитной обстановки вблизи 1347 базовых станций сотовой связи в московском регионе и в одной из областей Центрального административного округа России. Измерения выполнялись в условиях динамического наблюдения в часы максимальной загрузки БС. В рамках санитарно-эпидемиологического обследования измерения ЭМП выполнялись во всех зонах, в которых возможно воздействие ЭМП на население. Установлено что при размещении антенн на башне интенсивность ЭМИ радиочастотного диапазона в момент проведения измерений не превышала предельно допустимые уровни, установленные санитарными правилами и нормами.

При размещении БС на крыше зданий максимальные уровни ЭМИ фиксировались на кровле зданий и существенно превышали ПДУ. На последних этажах зданий, на крышах которых установлены антенны БС, ЭМП не обнаруживается. В отдельных случаях фиксировались превышения ПДУ ЭМП на последних этажах зданий напротив БС (первая линия застройки), удаленных не далее 100 м от антенны и расположенных по азимуту проекции главных лучей диаграммы направленности. На территории жилой застройки, на высоте 2 м от поверхности земли превышение ПДУ ЭМИ не зафиксировано. Нашими исследованиями ЭМИ базовых станций сотовой связи также не было зафиксировано превышений уровней ЭМП, установленных для населения. В среднем данные, полученные в исследованиях в России, совпадают с данными, полученными европейских странах. Однако максимальные измеренные значения в российских исследованиях выше. Основная причина в том, что при проведении измерений ЭМП в нашей стране радиопередающие средства выводятся в режим максимальной излучаемой

Необходимо соблюдать осторожность при выборе тех или иных типов радиостанций и радиотелефонов, чтобы быть уверенным в безопасности их эксплуатации, которая определяется предельно допустимыми уровнями (ПДУ) плотности потока энергии (ППЭ) электромагнитного поля (ЭМП).

Таким образом, базовые станции сотовой связи формируют изменяющийся во времени модулированный многочастотный режим облучения населения в среднем небольшой интенсивности. Средние значения на селитебных территориях и в жилых помещениях по данным различных стран не превышают единиц мкВт/см2.Таким образом очевидно, что базовые станции сотовой связи изменили электромагнитную обстановку и сформировали принципиально новые условия облучения ЭМП для значительной части населения. Согласно санитарным нормам и правилам при проектировании БС должны выполняться расчеты санитарно-защитной зоны и зоны ограничения застрой-

ки. При приеме БС в эксплуатацию производится инструментальные измерения ЭМП для контроля соответствия протяженности санитарно-защитной зоны и зоны ограничения застройки требованиям СанПиН.

В состав сотовых систем входят также подвижные объекты со своими мобильными станциями (МС). По радиоканалу все МС соединяются с БС, которые содержит приемники, передатчики и блоки управления для связи с контроллерами БС. Таким образом, одна из основной функции БС – сопряжение стационарной части сотовой системы с МС подвижных объектов.

В зависимости от размера соты мощность БС составляет обычно 30...100 Вт. Максимальная мощность МС зависит от "класса" используемых средств передвижения, на которых установлена станция. Например, для стандарта GSM предусматривают 5 классов: автомобильные или портативные МС мощностью 20 Вт; автомобильные или портативные МС мощностью 8 Вт; карманные МС мощностью 5 Вт, 2 Вт и 0,8 Вт.

На рис.1 представлены современные конструкции антенн базовых станций. На рис.2 - Радио модули оборудования базовой станции Flexi Multiradio.

Рис.1 Современные конструкции антенн базовых станций

Облучению ЭМП, создаваемым антеннами перечисленных станций, подвергаются различные категории лиц. Среди них можно выделить три группы: лица, связанные с источниками ЭМП по долгу службы (персонал БС, работники антенных служб, полиции, пожарной охраны и др.); население, проживающее в районах размещения БС; пользователи радиотелефонов в производственных и бытовых условиях.

В соответствии со сложившейся практикой нормирования уровней ЭМП допустимые уровни для первой группы лиц (профессиональное облучение) регламентируются в соответствии с ГОСТ 12.1.006-84 [4], для второй

группы (население, подвергающееся практически круглосуточному воздействию) – в соответствии с СанПиНом 2.1.8/2.2.4.1383-03 [5], что не противоречит действующим сегодня в России нормативным документам. Использовать требования [4, 5] для третьей группы лиц не представляется возможным, так как они профессионально не связаны с источниками ЭМП и пользуются МС, на которые не распространяются требования [5]. В связи с этим для данной категории лиц были разработаны специальные требования, регламентирующие уровни ЭМП, создаваемые антеннами базовых станций на территориях жилой застройки, внутри жилых, общественных и производственных помещений [6]. Этот же документ регламентирует временные допустимые уровни воздействия на человека ЭМП, создаваемых подвижными станциями сухопутной радиосвязи непосредственно у головы пользователя.

Рис.2 Радио модули оборудования базовой станции Flexi Multiradio.

Эти требования учитывают следующие особенности взаимодействия ЭМП с организмом человека: антенны радиотелефонов располагаются в непосредственной близости от пользователя; облучению подвергаются ограниченные участки тела, как правило, верхняя часть туловища и голова; облучение ЭМП непрерывного режима генерации носит характер нерегулярно повторяющихся сеансов, чаще, небольшой продолжительности, разделенных более или менее длительными паузами.

Специалистами НИИ медицины труда РАМН были проведены работы по определению степени биологического действия ЭМП на живой организм. В эксперименте было изучено влияние данного фактора на наиболее чувствительные к радиоизлучениям системы организма (центральная нервная, иммунная, симпатоадреналовая), а также на рост, развитие и др.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что эффекты воз-

действий с ППЭ ниже 500 мкВт/см^2 не обладают признаками вредного воздействия. Уровень 250 мкВт/см^2 при ежедневном воздействии ни протяжении 3-х месяцев может рассматриваться в качестве порога биологического действия. Поскольку при регламентации ЭМП для пользователей радиотелефонов речь идет о непрофессиональном воздействии, принято целесообразным для обоснования ПДУ исходить именно из уровня 250 мкВт/см^2. При экстраполяции экспериментальных данных на человека были учтены различия в поглощении электромагнитной энергии и в продолжительности воздействия этого фактора. Различия в поглощении энергии мелкими лабораторными животными и человеком в диапазоне 800...1000 МГц составляют примерно 14...15 раз, т.е. эквивалентное поглощение энергии имеет место, когда ППЭ составляет 250 мкВт/см^2 для мышей и 3750 мкВт/см^2 для человека.

Если принять в качестве возможного срока облучения человека период в 50 лет, то коэффициент экстраполяции по продолжительности воздействия составит 7,5. И, наконец, поскольку норматив устанавливается исходя из порога биологического действия (а не вредного воздействия), представляется достаточным принять коэффициент гигиенического запаса, равный 5.

Таким образом, в качестве ПДУ воздействия для пользователей МС предлагается уровень 100 мкВт/см^2 [ППЭ$_{пду}$ = (250´ 15)/(5´ 7,5)].

По данным социологической службы "Мониторинг", 36% москвичей тратят на телефонные разговоры до 15 минут в день, 28% – около 30 минут, 20% – около часа. Таким образом, почти 85% населения разговаривает по телефону менее 1 часа в день. Поскольку время воздействия в течение дня абсолютного большинства пользователей не превышает 1 часа, получаемая в итоге энергетическая нагрузка (100 мкВт×ч/см^2) на организм оказывается меньше, чем допускаемые [4] и [5] (200 и 240 мкВт×ч/см^2).

Результатом проведенных исследовательских работ стал нормативный документ СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190-03 «Гигиенические требования к размещению и эксплуатации средств сухопутной подвижной радиосвязи» [6].

Согласно этому документу воздействие ЭМП сотовых систем связи подразделяется на профессиональное и непрофессиональное. Профессиональному воздействию, как было отмечено выше, подвергается первая группа лиц, непрофессиональному – две другие. Для оценки воздействия на персонал, обслуживающий оборудование базовых станций (первая группа лиц) энергетическая экспозиция ЭЭ$_{ППЭ\ ПДУ}$ в диапазоне частот от 300 МГц до 2400 МГц рассчитывается по формуле

ЭЭ$_{ППЭ\ ПДУ}$=ППЭ·T,

где ППЭ – плотность потока энергии, мкВт/см^2; T – время воздействия, ч.

ПДУ воздействия ЭМП базовых станций на рабочих местах персона-

ла составляет 200 мкВт×ч/см^2.

Для населения, подвергающегося облучению антеннами БС, ПДУ ЭМП установлен 10 мкВт/см^2.

Для пользователей, подвергающихся облучению МС, временные допустимые уровни ППЭ ЭМП составляют 100 мкВт/см^2.

Исходя из результатов проведенного моделирования уровней ЭМП, создаваемого МС, было сделано заключение о том, что среди карманных МС требованиям разработанного гигиенического норматива удовлетворяют станции мощностью 0,8 Вт. Допустимо применение станций мощностью до 1 Вт.

В таблице для сравнения приведены данные из национальных стандартов ряда стран и рекомендаций международных организаций. Нетрудно заметить, что требования норматива РФ – более жесткие, по сравнению с национальными зарубежными стандартами и международными рекомендациями.

Таблица 1. Данные из национальных стандартов ряда стран и рекомендаций международных организаций

Страна, организация	Область распространения нормативного документа	Частотный диапазон, МГц	ПДУ воздействия, мкВт/см^2	Время усреднения, мин
РФ, СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190-03	пользователи радиотелефонов	400…1200	100	–
США, стандарт ANSY C.95.1-91	неконтролируемые условия	300…300000	200…2000	30
Германия	персонал и население	30…3000	2500	6
Всемирная организация здравоохранения, рекомендации IRPA/ININC*	население	400…2000	200…1000	6
CENELEK** (проект стандарта)	неконтролируемые условия	400…2000	200…1000	6

Примечание. * INIRC – Международный комитет по защите от ионизирующих излучений; ** CENELEK – Европейский комитет по электромагнитной стандартизации.

Таким образом, введенные в Российской Федерации требования по ПДУ ППЭ ЭМП для пользователей радиотелефонов значительно жестче, чем требования ряда национальных стандартов и международных рекомендаций. Для карманных радиотелефонов наиболее приемлем уровень мощности 0,8 Вт.

Первый в мировой практике нормативный документ ГН 2.1.8/2.2.4.019-94 «Гигиенические нормативы. Временные допустимые уровни воздействия электромагнитных излучений, создаваемых системами сотовой радиосвязи» получил развитие в действующем документе СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190-03.

Основными элементами системы сотовой связи являются базовые станции (БС), которые поддерживают радиосвязь с мобильными радиотелефонами (МРТ). Базовые станции БС и МРТ являются источниками электромагнитного излучения в УВЧ-диапазоне. Базовые станции поддерживают связь с находящимися в их зоне действия мобильными радиотелефонами и работают в режиме приема и передачи сигнала. В зависимости от стандарта, БС излучают электромагнитную энергию в диапазоне частот от 463 МГц до 1880 МГц.

Антенны БС устанавливаются на высоте от 15 до 100 метров от поверхности земли на уже существующих постройках (общественных, служебных, производственных и жилых зданиях, дымовых трубах промышленных предприятий и т.д.) или на специально сооруженных мачтах. К выбору места размещения антенн БС с точки зрения санитарно-гигиенического надзора не предъявляется никаких иных требований, кроме соответствия интенсивности электромагнитного излучения предельно допустимым уровням, установленным действующими Санитарными правилами и нормами [5], согласно которым для базовых станций (БС) систем сотовой связи (ССС) нормируются два значения плотности потока энергии (ППЭ) – ППЭ1 для воздействия на производственный персонал и ППЭ2 для воздействия на население. Уровень ППЭ1 определяется как ППЭ1 = 200/Т, мкВт/см^2; где Т – время воздействия ЭМИ, ч. При 8-часовом рабочем дне ППЭ1 = 25 мкВт/см^2. Для населения ППЭ2 = 10 мкВт/см^2.

Схема расположения излучателя **А** БС ССС и типичных точек измерения ППЭ в зоне обслуживания $M_1 \ldots M_4$ показана па рис.3. Точка M_1 на высоте h_1 = 2 м соответствует границе R_1 санитарно-защитной зоны, определяемой согласно [7]. Точка M_2 па высоте h_2 представляет интерес в случае нахождения уровней ППЭ$_2$ для жителей близлежащих домов. Точка M_3 соответствует зоне ограничения застройки на высоте h_3, соизмеримой с высотой H_A расположения излучателя **А** над поверхностью почвы [6]. Наконец, точка M_4 на высоте $h_4 \approx H_A$ рассматривается, если определяют уровни ППЭ$_1$ для производственного персонала. Из рис. 1 следует, что при из-

вестных H_A, h_i, R_i, где i - номер точки [4, 7], легко вычислить расстояние r, необходимое для определения уровня ППЭ в любой точке M:

$$\text{ППЭ} = (30 \cdot P_A \cdot G_A \cdot \eta_\Phi \cdot k_\Pi^2 / r^2 \cdot Z_C) \cdot F^2(\Delta; \varphi), \quad (1)$$

где P_A – мощность сигнала, излучаемого, **а**; G_A – коэффициент усиления **А** относительно изотропного излучателя; η_Φ – КПД антенно-фидерного тракта; k_Π – интерференционный множитель, учитывающий влияние подстилающей поверхности; Z_C – волновое сопротивление окружающей среды; $F^2(\Delta; \varphi)$ – значение характеристики направленности **А** по ППЭ для точки M с угловыми координатами Δ, φ в системе сферических координат с центром, совмещенным с серединой **А**.

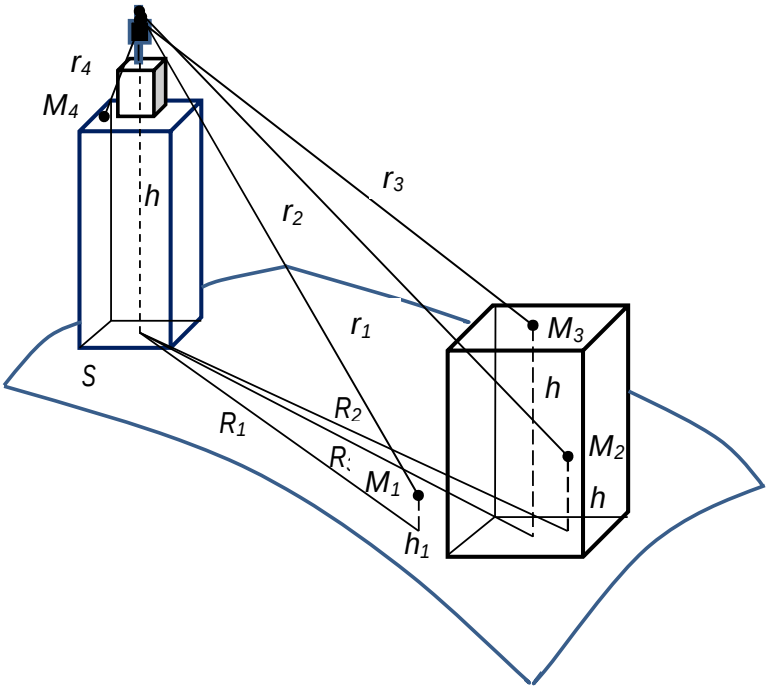


Рис. 3 Схема расположения излучателя **А** БС ССС и типичных точек измерения ППЭ в зоне обслуживания $M_1 \ldots M_4$

Для типовых станций BTS-902F стандарта GSM P_A = 20 Вт; G_A = 65 (для антенны ETEL) и G_A = 13 (для штыревой антенны); η_Φ = 0,25; кроме того, k_Π = 1,15...1,3 (принимается равным 1,2); Z_C = 377 Ом (для свободного пространства). Тогда, допуская, что максимальный уровень бокового излучения **А** (с учетом затенения и взаимного влияния излучателей) не превы-

шает – 30 дБ, получаем из (1) координату зоны ограничения застройки на высоте $h_3 = H_A$

$$R_0 = (30 \cdot P_A \cdot G_A \cdot \eta_\Phi / ППЭ_2 \cdot Z_C)^{1/2} \cdot k_П = 19,3 \text{ м и } 8,6 \text{ м},$$

соответственно для антенны ETEL и штыревой антенны. Санитарно-защитная зона на высоте $h_1 = 2$ м в этом случае отсутствует: ограничение по R начинается с высоты

$$Hm = H_A - (30 \cdot P_A \cdot G_A \cdot \eta_\Phi / ППЭ_2 \cdot Z_C)^{1/2} \cdot k_П \cdot F_m \approx H_A,$$

поскольку с учетом изложенного уровень бокового излучения **А** составляет $F_m << 1$.

Приведенные оценки, согласно [7], носят завышенный характер, что подтверждается результатами измерения реальных уровней ППЭ действующих станций сети GSM. Так, например, разница в ППЭ в точке M_4 (на крыше высотного здания), в холле первого этажа и около подъезда (точка M_1) составляет для разных объектов не менее 40...60 дБ (для расчетов принимали равной 30 дБ). Поэтому отсутствие санитарно-защитной зоны на высоте $h_1 = 2$ м для БС стандарта GSM в реальных условиях можно считать достоверно установленным фактом.

Представляет интерес сравнительный анализ безопасности излучателей ССС разных стандартов, размещенных на одном и том же объекте (точки M_4, M_2 и M_3 на рис. 3). Результаты измерения уровней ППЭ для излучателей ССС стандартов GSM и AMPS, а также системы подвижной связи "Волемот", размешенных на крыше здания телеграфа в Самаре, показывают, что в непосредственной близости от **А** (точка M_4) наименьший; средний уровень ППЭ по всей площади крыши дают излучающие средства GSM (на 16,5 дБ меньше по сравнению с AMPS и на 26,8 дБ меньше по сравнению с "Волемот").

Причем излучатели системы "Волемот" создают в пределах крыши уровень ППЭ < 2,5 мкВт/см^2, т.е. все БС как порознь, так и в совокупности, создают ЭМИ, не превышающее предельно-допустимых значений [7].

На прилегающей части территории города (точки M_2 и M_3) излучатели GSM создают ППЭ в среднем на 4,5 дБ меньше по сравнению с AMPS и на 27 дБ меньше по сравнению с "Волемот". Другими словами, наибольшая безопасность БС GSM достигается не только при наименьшем уровне излученной мощности P_A, но при использовании антенн наиболее рациональной конструкции (например, ETEL-0,5), которые концентрируют ЭМИ в направлении зоны обслуживания и ослабляют его уровни в близлежащем пространстве. Заметим, что в рассмотренном случае для всех излучателей ППЭ <<ППЭ$_2$, поэтому обследованный объект можно считать безопасным по фактору ЭМИ как для персонала, так и для населения города.

Библиографический список

1. Л.О.Мырова, Н.Н.Грачев, В.Н.Никитина. Влияние опасных излучений на человека. - М.: ООО «ВИЗАВИ». 2017.- 414 с.

2. Авраамов Ю.С., Грачев Н.Н., Шляпин А.Д. Защита человека от электромагнитных воздействий. – М.: МГИУ, 2002. – 232 с.

3. Грачев Н.Н. Защита человека от опасных излучений /Н.Н. Грачев, Л.О. Мырова – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005. – 317 с.

4. ГОСТ 12.1.006-84. Система стандартов безопасности труда. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля.

5. СанПиН 2.1.8/2.2.4.1383-03. Гигиенические требования к размещению и эксплуатации передающих радиотехнических объектов.

6. СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190-03. Гигиенические требования к размещению и эксплуатации средств сухопутной подвижной радиосвязи.

7. СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96. Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона.

ELECTROMAGNETIC RADIATION OF BASIC STATIONS OF CELLULAR RADIO COMMUNICATION AS A FACTOR OF HAZARDOUS HAZARDS TO MAN

© N.N.Grachev, S.N.Safonov
National Research University "Higher School of Economics, Moscow, Russia, *nngrachev@mail.ru, sns06@mail.ru*

Abstract. The influence of electromagnetic radiations of base stations of radio communication on a person subjected to irradiation by fields produced by radio networks of cellular networks is considered. A comparison is made between the admissible levels of radiation contained in domestic and foreign regulatory documents. The energy flux densities are calculated at four typical points near the base station of cellular communication.

Keywords: cellular networks, electromagnetic security, electromagnetic radiation, the maximum permissible radiation levels

УДК 504.3’4.054

О РАВНОВЕСИИ СИСТЕМЫ ВОДНЫЙ ОБЪЕКТ - ЧАСТЬ АТМОСФЕРЫ

Г.Н. Ахобадзе

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, Москва, Россия
ahogur@yandex.ru

Аннотация. В докладе рассматриваются вопросы, связанные с взаимодействиями части атмосферы и озера. Приведены особенности процессов, протекающих в озерах и части атмосферы. Дается анализ изменений данной климатической системы из-за воздействия на нее антропогенных нагрузок. Предлагается математическая модель мезо экологической системы «озеро – часть атмосферы». По результатам исследований выявлен осцилляторный характер обмена веществом между озером и частью атмосферы. Предложены мероприятия, выполнения которых даст возможность сохранить климат в регионе, обозначенном конкретной климатической системой.

Ключевые слова. Атмосфера, озеро, загрязнение, антропогенная нагрузка, осциллятор, температура, концентрация, водяной пар, климатическая система, воздух.

На основе математического моделирования, приникшего во все области человеческих знаний, исследуется взаимоотношение между водным объектом и частью атмосферы.

Пусть водным объектом представлено озеро. Тогда из-за круговорота веществ между озером и частью атмосферы, здесь можно указать на образование замкнутой экологической системы (без почвы) «озеро – часть атмосферы», называемую еще как климатискую мезо систему Биосферы. Благодаря круговороту веществ, потоку, энергии и информации, рассматриваемая система, может, находится в относительно устойчивом равновесии. Под круговоротом веществ, здесь понимается поступление осадков в виде дождя, снега и града из части атмосфера в озеро и проникновение водяного пара из озера в часть атмосферы.

В данной работе на основе математического моделирования предпринимается попытка прогнозировать процесс круговорота веществ между частью атмосферы и конкретным озером, и выявить особенности этого круговорота с дальнейшим определением порога устойчивости этой мезо климатической системы с учетом антропогенных воздействий на эту экологическую систему.

Допустим, у нас есть замкнутая экологическая система озеро - часть атмосферы, которая не испытывает антропогенного воздействия со сторо-

ны человека. Осадки части атмосферы поступают в озеро, водяной пар озера — в часть атмосферы.

Обозначим количества воды в озере в момент времени t через x(t), а количество водяных паров в части атмосферы — через y(t). При этом следует сделать следующие предположения.

· В отсутствии испарения воды ее количество в озере росло бы пропорционально осадков, т.е. dx/dt = ax, причем a > 0. Решение этого уравнения даст экспоненциальный закон роста — eax.

· В отсутствии осадков количество воды в озере уменьшилось бы также по экспоненциальному закону — dy/dt = -by, b>o.

· Когда есть и осадки, и испарение, то в соответствии с этим естественным процессом, происходит как увеличение и уменьшение воды в озере, так и увеличение и уменьшение водяных паров в части атмосфере. При этом изменение количества каждого из веществ, происходит пропорционально частоте осадков и испарения. Для простаты предположим, что частота таких естественных процессов пропорциональна произведению xy, считая, что удвоение любого процесса, удвоить количество водяных паров и воды, удвоение же обоих процессов должно учетверить частоту перехода воды в водяные пары и перехода водяных паров в воду. Следовательно, количество воды и водяных паров определяется скоростью испарения и осадков, которая приводит — к уменьшению -pxy количества x воды, и к приросту qxy количества y осадков (водяных паров).

Запишем все это в системы:

$$\frac{dx}{dt} = ax - pxy = (a - py)x;$$

$$\frac{dy}{dt} = -by + qxy = (-b + qx)y.$$

Полученная система дифференциальных уравнений задает взаимосвязанные колебания воды и паров. Теперь сперва найдем стационарную точку системы ($\bar{x}$, $\bar{y}$), вокруг которой происходят колебания. Для стационарной позиции изменения воды в озере и водяных паров в части атмосферы равно нулю. Следовательно,

$$0 = a\bar{x} - p\bar{x}\bar{y},$$

$$0 = b\bar{y} - q\bar{x}\bar{y}.$$

Выражая одну переменную через другую, находим:

$$\bar{x} = -\frac{b}{q}, \qquad \bar{y} = \frac{a}{p}.$$

Теперь нам надо ввести в нашу систему колебания $\tilde{x} << \bar{x}$ и $\tilde{y} << \bar{y}$. Из-за малой величины колебаний их квадратами, кубами и т.д. можно пренебречь. Следовательно, вода x и водяные пары y в части атмосферы будут

описываться следующими выражениями:

$$x = \bar{x} + \tilde{x},$$
$$y = \bar{y} + \tilde{y}.$$

Далее первое уравнение выше приведенной системы дифференциальных уравнений с учетом последних выражений можно переписать как

$$\frac{\mathrm{d}\tilde{x}}{\mathrm{dt}} = -\frac{pb}{q}\tilde{y}.$$

Аналогично для второго уравнения системы дифференциальных уравнений получим:

$$\frac{\mathrm{d}\tilde{y}}{\mathrm{dt}} = -\frac{qa}{p}\tilde{x}.$$

После этого дифференцируем одно уравнение и подставим в него другое:

$$\frac{d^2\tilde{x}}{dt^2} = -ab\tilde{x}.$$

Отсюда

$$\frac{d^2\tilde{x}}{dt^2} + ab\tilde{x} = 0.$$

Полученное выражение является уравнением гармонического осциллятора с периодом

$$T = \frac{2p}{\sqrt{ab}}.$$

Отсюда следует, что данная мезо климатическая система при смещении из положения равновесия испытывает действия возвращающих сил, пропорциональным количествам воды в озере и водяных паров в части атмосферы. При этом частота и амплитуда колебания такой системы постоянны. Допускается, что осциллятор в данном случае представлен сам себе, т.е. он совершает свободные колебания.

В реальной жизни у климатических осцилляторов, например, озера - часть атмосферы, меняются амплитуда, период и взаимодействие. Как правило, климатические осцилляторы взаимодействуют и никакой доминирующей причинно – следственной связи нет – это переменчивая сложная система. Поэтому аномалии, которые могут быть отмечены в регионе вблизи рассматриваемого озера, связаны с суммарным эффектом от этих осцилляторов на фоне, разумеется, общего тренда антропогенного изменения.

Равновесие системы «озеро - часть атмосферы» может смещаться из положения равновесия за счет антропогенных воздействий как на один объект системы, так и на другой объект системы. В соответствии с этим необходимо рассмотреть некоторые организационные аспекты, регламен-

тирующие порядок обращения к водным объектам и атмосфере.

Как известно, водоем по виду использования делится на: хозяйственно - питьевое водопользование и для водоснабжения пищевой промышленности; культурно – бытовое; водоемы рыбохозяйственного назначения.

При поступлении в водоем вредных веществ, как правило, устанавливается предельно – допустимая концентрация (ПДК) в зависимости от вида водопользования. Принцип нормирования ПДК зависит от характера воздействия загрязняющих веществ на человека при использовании им того или иного водоема. При ухудшении общего санитарного состояния водоема ПДК устанавливают по общесанитарному признаку вредности. В случае изменения органолептических свойств воды ПДК, мг/л, устанавливается по органолептическому признаку вредности. И наконец, при поступлении в водоем токсических веществ, устанавливают ПДК по токсикологическому признаку вредности.

Для обеспечения экологической безопасности водоемов, в соответствии с Федеральным законом, необходимо проводить регулярный климатический мониторинг, охватывающий климатическую систему часть атмосферы – озеро.

В сфере охраны водных объектов, важное место, занимает экологический контроль, предусматривающий соблюдение природоохранного законодательства, природоохранных требований, нормативов, стандартов, правил и иных нормативных документов.

Отдельные виды деятельности в области экологической безопасности озер, осуществление которых может повлечь собой причинение ущерба, как известно, подлежать лицензированию. В соответствии со ст. 11 Водного кодекса РФ водные объекты, находящиеся в федеральной собственности, собственности субъектов Российской Федерации, собственности муниципальных образований, предоставляются на основании договоров водопользования. Договорная основа водопользования включает в себя следующие виды водопользования: забор (изъятия) водных ресурсов; использование акватории водных объектов; использование водных объектов без забора водных ресурсов для целей производства электрической энергии.

Одновременно Водный кодекс РФ предусматривает обширный перечень случаев водопользования без заключения договоров, например, для судоходства, рыболовства, полива садовых, огородных, дачных земельных участков и т.д.

Важную роль в загрязнении атмосферы играет техногенный фактор. Отсталая технология и устаревшие основные фонды, чрезмерная заводская и территориальная концентрация производства, фрагментная экологическая инфраструктура усиливает загрязнение атмосферного воздуха. Воздушный бассейн загрязняется как стационарных, так передвижных источников. В ряде регионов страны атмосферный воздух перенасыщен различными вредными веществами: сероводородом, углеводородами, пылью, сероуглеродом, фтористыми соединениями, свинцом, хлором и др.

В настоящее время очагами экологического неблагополучия являются Урал, Кузбасс, Большая Волга, Западная Сибирь, Московская и Санкт – Петербургская агломерация и др.

Наибольшая степень загрязнения воздуха наблюдается в основном в крупных городах. Для определения уровня загрязнения атмосферы используются следующие характеристики загрязнения воздуха:

средняя концентрация примеси, мг/м3;

максимальная разовая концентрация примеси, мг/м3.

В качестве основного показателя качества воздуха используется ИЗА (индекс загрязнения атмосферы), учитывающий несколько примесей. Величина рассчитывается по значениям среднегодовых концентраций.

В соответствии с существующими в РФ методами оценки качества воздуха уровень загрязнения считается повышенным при ИЗА от 5 до 6, высоким при ИЗА от 7 до 13, и очень высоким при ИЗА, равном или больше 14.

Основными показателями, характеризующими климатические изменения, являются температура воздуха и атмосферные осадки. Анализ климатической системы на территории РФ показывает, что тенденция климатических изменений температуры, наблюдавшиеся в предыдущие годы, в основном сохраняются: среднегодовые, весенние и осенние температуры растут на всей территории РФ.

В целом за год и во все сезоны, кроме зимы, на территории РФ продолжается потепление.

По приведенным результатам можно сделать заключение о том, что чрезмерное загрязнение окружающей среды может нарушить равновесие рассмотренной выше мезо климатической системы. Поэтому вопрос взаимоотношения водного объекта и части атмосферы, можно считать одним из ключевых аспектов экологической безопасности в Российской Федерации.

WATER OBJECT – ATMOSPHERE EQUILIBRIUM

G.N. Akhobadze
Trapeznikov Institute of Control Sciences of Russian Academy Sciences, Moscow, Russia, ahogur@yandex.ru

Abstract. The paper discusses problems associated with lake-atmosphere interaction. Specific processes running in lakes and the atmosphere are analyzed. Changes in the climatic system because of anthropogenic impact are examined. A mathematical model of a lake-atmosphere meso-ecological system is proposed. The research has determined an oscillatory character of matter exchanging between the lake and the part of the atmosphere. Activities whose implementation is expected to save the climate in a region specified by a particular climatic system are suggested.

Keywords. Atmosphere, lake, pollution, anthropogenic impact, oscillator, temperature, concentration, water vapor, climatic system, air.

УДК 004.056.52

О ВОЗМОЖНОСТИ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ ПО АКУСТИЧЕСКОМУ КАНАЛУ ПРИ ВЫСОКОЧАСТОТНОМ НАВЯЗЫВАНИИ

© А.В. Тельный

Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, Владимир, Россия
e-mail: andre.izi@mail.ru

Аннотация. Предложена структурная схема адаптивного генератора шума. Адаптивный генератор шума состоит из радиосканера с обнаружителем частоты высокочастотного навязывания и передатчика. Передатчик формирует для акустического информационного сигнала инвертированную на 180 градусов узкополосную помеху в диапазоне частот действия радиозакладки.

Ключевые слова. Генератор радиошума, радиозакладное устройство, защита акустического канала, высокочастотное навязывание.

Перехват обрабатываемой техническими средствами информации может осуществляться путём специальных воздействий на элементы технических средств. Одним из методов такого воздействия является высокочастотное (ВЧ) навязывание, т.е. воздействие на технические средства высокочастотных сигналов. Принцип ВЧ навязывания заключается в модуляции электромагнитного зондирующего сигнала речевым сигналом, в результате их одновременного воздействия на элементы устройств, обладающих микрофонным эффектом. Затем происходит обратное переизлучение зондирующего модулированного сигнала, его приём и демодуляция. В результате происходит перехват акустической информации [1;2]. В основном для утечки речевой информации используются полуактивные закладки (аудиотранспондеры).

В настоящее время в качестве основного средства защиты акустического канала используются акустические (виброакустические) генераторы шума (ГШ). Конструктивно аппаратура включает блок формирования и усиления шумового сигнала и несколько акустических и виброакустических излучателей. Генератор формирует «белый» шум (речеподобные сигнал) в диапазоне звуковых частот. При этом надо ориентироваться на то, что восстановить перехваченное сообщение практически невозможно, если уровень помехи более чем в 10 раз превышает уровень сигнала во всем частотном диапазоне (отношение сигнал/помеха менее - 20 дБ).

Использование генераторов радиошума (особенно мощных и в широком спектре частот) вызывает ряд серьезных организационных и технических проблем, а именно:

1. Генераторы «белого шума» в широком диапазоне частот и мощностью более 2-5 Вт могут вызывать электромагнитную несовместимость с другими радиотехническими средствами сторонних физических и юридических лиц, в том числе и собственных, и быть причиной сбоев, выходов из строя и неработоспособности радиоаппаратуры различного назначения.

2. В организационном плане при применении ГШ пространственного электромагнитного широкополосного зашумления; генераторов подавления мобильной сотовой связи и беспроводных каналов передачи данных остается много организационно-регламентирующих вопросов.

Согласно решению ГКРЧ 05-10-03-001 от 28.11.2005 "О выделении полосы радиочастот 0,1-1000 МГц для генераторов радиошума, используемых в качестве средств защиты информации", для генераторов радиошума выделяется полоса радиочастот 0,1-1000 МГц без оформления отдельных решений ГКРЧ. При этом использование выделенной полосы радиочастот для применения генераторов радиошума гражданского применения без оформления отдельных решений ГКРЧ должно осуществляться для каждого конкретного типа генератора при выполнении ряда условий:- соблюдение допустимых значений уровней напряжённости поля излучения; - исключения вредных помех от генераторов радиошума другим РЭС, использующим указанную полосу радиочастот в соответствии с действующей Таблицей распределения полос частот между радиослужбами Российской Федерации; - получения в установленном порядке в Федеральном агентстве связи разрешения на использование радиочастот или радиочастотных каналов в полосе частот на основании экспертизы о возможности использования заявленных генераторов радиошума и об их электромагнитной совместимости с действующими и планируемыми для использования РЭС; - применения на территории Российской Федерации только генераторов радиошума, включённых в Государственный реестр сертифицированных средств защиты информации; - регистрации генераторов радиошума в порядке, установленном для РЭС в Российской Федерации.

Однако, в настоящее время абсолютное большинство имеющихся генераторов функционируют до 2 ГГц, а некоторые и до 10 ГГц. Чтобы их законно использовать, необходимо получить частное решение в ГКРЧ, которое может оформляться до года, а потом, в любом случае (независимо от диапазона) требуется регистрация генераторов.

В настоящее время, подавляющее большинство производителей (продавцов, установщиков) вообще не информирует клиента о необходимости получения каких-либо разрешительных документов в радиочастотных органах. Гарантий же, обеспечивающих безпомеховую работу генераторов, не дает ни одна фирма, действующая в области защиты информации.

В итоге наблюдается некий парадокс, когда для защиты от радиозакладных устройств или от переизлучения ВЧ навязывания с максимальной мощностью передатчиков в несколько милливатт и (как правило) узкопо-

лосных излучений используются широкополосные (от нескольких десятков кГц до нескольких ГГц) и очень мощные (от единиц до 150Вт) генераторы шума.

Для решения вышеуказанных проблемных вопросов представляется необходимым создание неких «адаптивных» генераторов шума, которые не имели бы настолько большой мощности излучения, но защищали бы информацию не менее эффективно.

Условия (свойства), которые можно использовать для создания «адаптивного» генераторов шума.

1. Будем полагать, что помеха от генератора шума аддитивно складывается с информационным сигналом от радиозакладки на входе приемника нарушителя;

2. Можно с высокой вероятностью предполагать, что излучение закладки или модулированное переизлучение ВЧ навязывания является узкополосным и находится (отстраивается) в диапазоне 10-15% от излучения ВЧ навязывания;

3. Ввиду близости приемника нарушителя от объекта, высокой частотой модулированных переизлучений ВЧ навязывания или акустической радиозакладки, можно пренебречь поляризацией излучений;

4. Можно полагать излучение закладки или модулированное переизлучение ВЧ навязывания изотропным (т.е. считаем, что у радиозакладки нет направленных антенн);

5. Считаем, что закладное устройство (модулированное переизлучение ВЧ навязывания) не формирует сложных модуляций, ШПС сигналов и псевдослучайной перестройки частоты, а также не используется компрессия (временное сжатие с пакетным накоплением информации);

6. Полагаем, что в связи с малой мощностью излучений радиозакладки (модулированного переизлучения ВЧ навязывания) и близости приемника нарушителя к объекту, мгновенный электромагнитный профиль на объекте (в помещении) и в точке нахождения приемника нарушителя почти полностью идентичен;

7. Можно предположить, что защищаемое помещение относительно небольшое и разница в расстояниях от источника акустических колебаний (источника звука) до закладки и до генератора шума создает фазовый набег, которым можно пренебречь (при скорости звука 330м/с, разница расстояний в 10 метров создаст фазовый набег около 10 градусов);

8. Полагаем, что источник звука обладает направленными свойствами, но в виду случайной ориентации источника звука в помещении не будем их учитывать (как и разницу в ослаблении акустического сигнала в направлении от источника звука на радиозакладку и на генератор шума). Местоположение закладки не известно, но ГШ следует располагать ближе к источнику звука.

Вышеперечисленные условия, позволяют сформулировать некото-

рые требования к адаптивным генераторам шума.

1. Адаптивный ГШ должен быть комбинированным устройством, сочетающим в себе и генератор шума и радиосканер (аналогично интерцептору), который мог бы выявлять частоты ВЧ навязывания, определять частоты и характер модуляции радиозакладного устройства (модулированное переизлучение ВЧ навязывания) и устанавливать прицельную узкополосную помеху на частоте работы радиозакладки (модулированное переизлучение ВЧ навязывания) аналогичное по мощности, но со сдвигом по фазе на 180 градусов.

2. Если полагать, что помеха от генератора шума (которая представляет собой тот же информационный сигнал, но со сдвигом по фазе на 180 градусов) аддитивно складывается с информационным сигналом от радиозакладки на входе приемника нарушителя, то на входе приемника получим некоторый постоянный сигнал (постоянный спектральный шум).

3. Сканирование частот должно проводиться циклически для выявления возможных перестроек облучения навязывания.

В качестве адаптивного генератора шума предлагается следующая структурная схема, приведенная на рисунках 1-2. Для сканирования частотного диапазона должен применяться радиоприемник последовательного анализа частот (сканирования частот) с перестройкой частот по поддиапазонам в полосе обзора и обнаружение сигнала. Будем использовать приемник с двойным преобразованием частот. В схеме супергетеродина с двойным преобразованием частоты перестраиваемым выполняется только один гетеродин. Приём сигналов сканером осуществляется на приемную антенну *WA1*, через автоматический переключатель *SA1.1/ SA1.2*, который автоматически коммутирует приемную *WA1* и передающую *WA2* антенну. Базовым в радиосканере является блок управления (БУ), устройство, осуществляющее все управляющие воздействия (сигналы управления) блоками радиосканера и ГШ и реализующее алгоритм работы всего радиосканера/генератора шума.

Переключение *SA1.1/ SA1.2* осуществляется от БУ (выход 3). Весь диапазон сканирования необходимо разбить на несколько поддиапазонов. На данной структурной схеме представлены 4 поддиапазона, хотя их количество может быть и больше.Конкретные границы поддиапазонов определяются аппаратной реализацией и выбором элементной базы устройства. Переключение между поддиапазонами при сканировании осуществляется с помощью автоматического переключателя *SA2.1/ SA2.2* (выход 5 от БУ). С переключателя поддиапазонов сигнал приходит на перестраиваемые фильтры *Z1-Z4* (например, *LC* П-7 или 9 звенные широкополосные фильтры). Подстройка поддиапазонов фильтров осуществляет во время сканирования данного поддиапазона (управляющим сигналом 4 от БУ). Далее сигнал поступает на малошумящие высокочастотные усилители *A2-A5* для каждого из поддиапазонов. МШУ должны быть с большим динамическим диапазоном и поддерживать регулировку усиления не менее 25 (лучше 30-40)Дб. Авторегулировка усиления МШУ осуществляется с выхода УПЧ после супергетеродина с двойным преобразованием

частоты с помощью схемы АРУ. С выхода МШУ сигнал поступает на входной фильтр *Z7* перед преобразованием частоты в гетеродине.

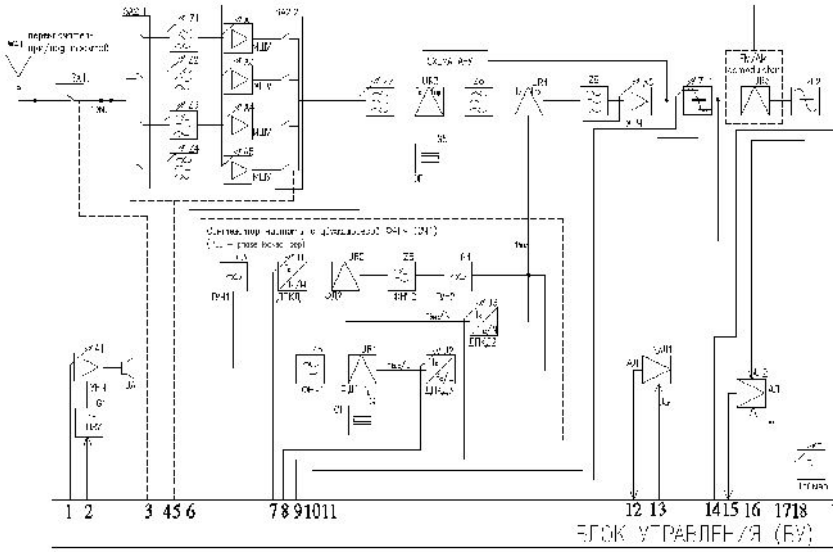


Рис. 1 Структурная схема адаптивного генератора шума (1 часть)

Данный фильтр является широкополосным (в соответствии с частотами сканируемого поддиапазона *Z1-Z4*) и необходим, чтобы убрать гармонические составляющие после МШУ, выходящие за границы частот сканируемого в данный момент поддиапазона. Перестройка частот *Z7* (например, *LC* П-5 или 7 звенный широкополосный фильтры) осуществляется выходом 6 от БУ. Далее сигнал поступает на супергетеродин с двойным преобразованием частоты, где перестраиваемым выполняется только один гетеродин. На смеситель *UR3* подается сигнал с опорного кварцевого генератора (частота генератора выбирается при аппаратной реализации и выборе элементной базы). С выхода первого смесителя *UR3* (который лучше всего реализовать на специализированных микросхемах или ПЛИС), сигнал подается на фильтр *Z8*, который ввиду высокой стабильности кварцевого опорного генератора можно делать не регулируемым и лучше реализовать как узкополосный ПАВ фильтр или стандартизованный пьезокерамический фильтр. Далее следует второе преобразование частоты, где в качестве генератора используется синтезатор частот с двухкольцевой ФАПЧ (СЧ1), показанный на схеме в виде нескольких блоков и окруженный пунктирной линией.

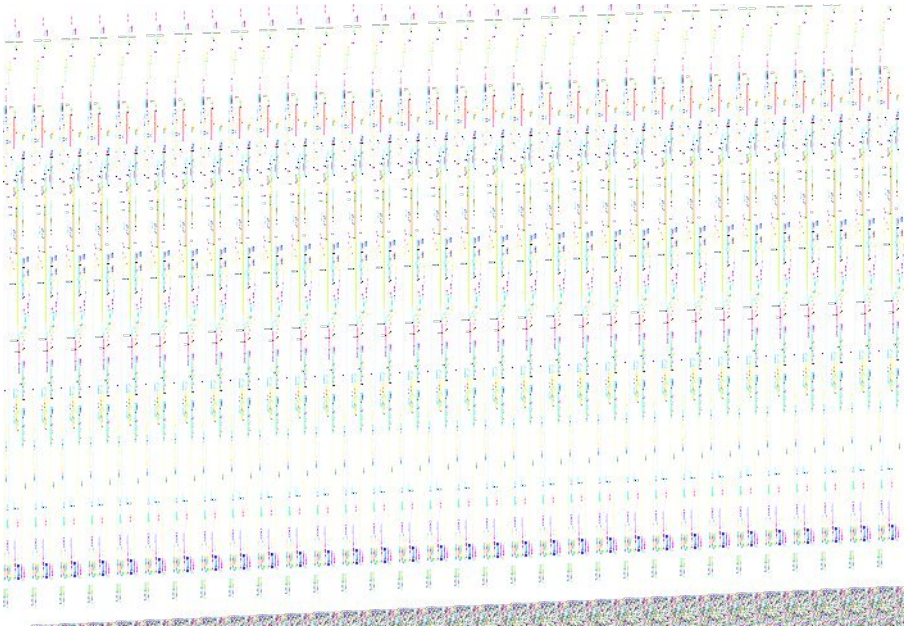


Рис. 2 Структурная схема адаптивного генератора шума (2 часть)

Инерционность синтезатора с двухкольцевой ФАПЧ может стать причиной того, что возможно для низкочастотных поддиапазонов придется использовать *DDS*. (Дело в том, что невозможно одновременно сканировать частотный диапазон и излучать помеху в том же диапазоне. Пространственного разнесения в рамках одного устройства получить невозможно, нужно частотное разнесение для разных частот разное, но в среднем частота передачи должна отличаться от частоты приема не менее чем на 15-20%. Для акустических закладок (не использующих компрессию сигнала) инерционность акустических сигналов соответствует минимальной и максимальной длительности звуковых фонем. Для русского языка минимальная длительность фонемы для звука «П» составляет 20мс, а максимальная длительность фонемы для звука «А» составляет 350мс. Следовательно, это налагает жесткие условия на скорость сканирования.

Перестройка частот синтезатора частот с двухкольцевой ФАПЧ (СЧ1) осуществляется управляющими сигналами 7,8,9 от БУ (установка разных коэффициентов для ДПКД1,2,3) шаг перестройки может быть до 1ГЦ (более не требуется). После второго смесителя *UR4* (который, как и *UR3* можно реализовать на специализированных микросхемах или ПЛИС), сигнал подается на фильтр Z9, который является не регулируемым и реализован как узкополосный ПАВ фильтр или пьезокерамический фильтр с

высокой крутизной фронтов. С фильтра *Z9* сигнал подается на усилитель *A6* –УПЧ с переменным коэффициентом усиления с линейной характеристикой, управляемый выходом 10 от БУ. Соответственно с выхода УПЧ сигнал подается на двухсторонний ограничитель *ZL1* и на вход АРУ для МШУ *A2-A5* частотных поддиапазонов.

На блоках *ZL1; UI1; UR5; ZL2; UI2; AQ1; RT; C.C.* реализуется устройство определения наличия высокочастотного навязывания. ВЧ навязыванием будем считать достаточно мощный и постоянный сигнал, который не меняется значительно в течение небольшого (несколько секунд) времени и является не модулированным. Двухсторонний ограничитель *ZL1* нужен для того, чтобы в последующие цепи сравнения поступали только сигналы представляющие интерес, как сигналы ВЧ навязывания или работы радиозакладного устройства. Уровни ограничения устанавливаются управляемым выходом 11 с БУ, а устройство *ZL1* можно рассматривать как регулируемый шумоподавитель. Все частоты и уровни сигналов на них, прошедшие *ZL1* оцифровываются ЦАП и записывается в памяти ОЗУ. Частота высчитывается по коэффициентам ДПКД в СЧ1 (выходы 7,8,9 с БУ).

При наличии сигнала, превышающего пороговый уровень опорного напряжения $U_{ОП}$ (минимальный уровень возможного излучения ВЧ навязывания), срабатывает амплитудный дискриминатор *UI1*. Управляющий сигнал 13 с БУ устанавливает уровень опорного напряжения $U_{ОП}$. В случае превышения $U_{ОП}$ формируется сигнал на входе 12 БУ (возможное обнаружение ВЧ навязывания). Сигналы, прошедшие двухсторонний ограничитель *ZL1* попадают на *FM/AM* демодулятор *UR5* (реализованный на специализированной микросхеме), а далее на ограничитель *ZL2*.

Сигналом ВЧ навязывания должен быть не модулированный сигнал. Как правило, узкополосные сигналы, не являющиеся сигналами ВЧ навязывания, являются модулированными. Если на выходе демодулятора сигнал выше или ниже определенного уровня, который задается на ограничителе, то модуляция имеется, и данный сигнал не является ВЧ навязыванием. С выхода *ZL2* сигнал подается на амплитудный дискриминатор *UI2*. Управляющий сигнал 16 с БУ устанавливает уровень опорного напряжения $U_{ОП}$ для данного дискриминатора. В случае не превышения $U_{ОП}$ формируется сигнал на входе 15 БУ (возможное обнаружение ВЧ навязывания). Если срабатывают управляющий сигнал 15 на БУ с дискриминатора *UI2*, коммутируется автоматический выключатель *SA3* и подключает схему сравнения (блоки *PT; AQ1; C.C.*). В течение времени (несколько секунд) схема сравнения *C.C.* производит сравнение текущего сигнала ВЧ навязывания с этим же сигналом, прошедшим через линию задержки *AQ1*. Время сравнения задается таймером *PT* (управляющий выход 18 с БУ), задержка задается в линии задержки *AQ1* управляющим выходом 14 с БУ. Если на выходе схемы сравнения не будет разницы между сигналом прямого прохождения и задержанным на некоторый маленький промежуток времени (несколько миллисекунд) в линии за-

держки, то можно сделать вывод о наличии ВЧ навязывания (выход 19 на БУ). По сигналу с выхода схемы сравнения (выход 19 на БУ) частота навязывания записывается в памяти ОЗУ. Частота высчитывается по коэффициентам ДПКД в СЧ1 (выходы 7,8,9 с БУ). Следующим этапом функционирования устройства является обнаружение излучения радиозакладного устройства (переизлучения ВЧ навязывания). Как правило, отстройка частот закладных устройств не велика по сравнению с частотой ВЧ навязывания. Поэтому вновь сканируются частоты в диапазоне около 20% (регулируемый БУ параметр) от обнаруженной частоты ВЧ навязывания. Кроме того, по управляющему сигналу 19 с БУ (обнаружения ВЧ навязывания) включается (управляющий выход 2 на БУ) генератор речевого сигнала (записанный в микросхему ПЗУ тестовый речевой сигнал) *G1*, усиливается усилителем *A1* (коэффициент усиления *A1* регулируется выходом 1 с БУ).

Управляющим выходом 20 с БУ с помощью автоматического переключателя *SA5.1/SA5.2* коммутируется микрофон и выход с УНЧ *A7*, с помощью автоматического переключателя *SA4.1/SA4.2* коммутируются цепи усилителей низкой частоты *A7; A8*. При этом управляющим выходом 21 с БУ на микрофонном УНЧ *A7* регулируется коэффициент усиления. Для выравнивания уровней сигнала с микрофона и сканера, усилители *A7* и *A8* связаны между собой схемой АРУ и выход с А7 регулирует усиление на *A8*. При сканировании частот около частоты обнаруженного ВЧ навязывания на амплитудном/частотном дискриминаторе *UI3* определяют «тождественность» сигналов с микрофона (тестовый речевой сигнал от *G1*) и принятый приемником на определенной частоте. На выходе дискриминатора установлен управляемый ограничитель *ZL3* (управление ограничением сигнал 22 от БУ). В случае, если сигналы с микрофона (тестовый речевой сигнал от *G1*) и принятый приемником одинаковы, то значит обнаружено излучение радиозакладки (переизлучение ВЧ навязывания). С ограничителя *ZL3* сигнал об обнаружении радиозакладки поступает в БУ (управляющий вход 23) и частота закладки (переиздучения ВЧ навязывания) записывается в памяти ОЗУ. Частота высчитывается по коэффициентам ДПКД в СЧ1 (выходы 7,8,9 с БУ).

Команды на чтение/запись в ОЗУ подаются с БУ выходами 24,25. Весь алгоритм функционирования устройства и значение типовых коэффициентов управления записываются в ПЗУ, команды на чтение/запись в ПЗУ подаются с БУ выходами 26,27. В режиме передачи, когда устройство работает как генератор шума, переключателем *SA1.1/SA1.2* осуществляется переключение антенн с приемной на передающую (с *WA1* на *WA2*). Автоматическими переключателями *SA4.1.* и *SA 5.2.* отключаются выходы приемного тракта, переключателем *SA6* (по команде режима передачи с управляющего выхода 28 от БУ) подключаются выходы передающего тракта. Записанные в ОЗУ частоты и уровни сигналов на них (те, что прошли с выхода *ZL1*), инвертируются относительно какого-то заданного уровня (блок *UZ*). Далее происходит обратное цифро-аналоговое преобразование, и сигналы передатчика поступают на поло-

совые фильтры по поддиапазонам *Z10-Z13* и соответствующие усилители с регулировкой усиления (управляющие выходы 31-34 с БУ) для выравнивания мощности излучения передатчиков по поддиапазонам *A10-A13*. На усилители *A1-A10* частоты обнаруженных радиозакладных устройств не попадают. В режиме передачи всего устройства, если функционирует источник акустического конфиденциального информационного сигнала подключается микрофон ВМ, информационный сигнал усиливается УНЧ *A7* (с регулировкой усиления управляющим выходом 21). Далее этот сигнал через автоматический переключатель *SA6* попадает на фазоврашатель (с сдвигом фазы на 180 градусов) и попадет на модулятор *UR6* (который реализован на специализированной микросхеме и содержит *DSS* синтезатор частоты). Управляющим входом 29 с БУ на DSS подается такой сигнал, чтобы формировались частоты излучения радиозакладки (переизлучения ВЧ навязывания). Если обнаруживается несколько ВЧ навязываний или несколько закладок на разных частотах, тогда в структурной схеме может быть несколько фазовращателей и модуляторов.

Параметры модуляции формируемой помехи должны быть максимально похожи на параметры модуляции закладки (переизлучения ВЧ навязывания). Для этого в структурную схему закладывается блок оценки параметров модуляции *UR7* (глубина модуляции, девиация частоты и др.), который в режиме сканирования для частоты работы закладки записывает значение параметров модуляции, а в режиме передачи формирует управляющий сигнал на модулятор *UR6*. Далее сигнал поступает на регулируемый усилитель *A9*. Сигнал помехи для радиозакладки вместе с помеховыми сигналами всех поддиапазонов, в конечном счете, через сумматор попадает на передающую антенну. Таким образом, генератор помех формирует для акустического информационного конфиденциального сигнала инвертированную (сдвинутую по фазе на 180 градусов) узкополосную помеху в диапазоне частот действия радиозакладки (переизлучения ВЧ навязывания) и в остальном частотном диапазоне помехи, инвертированные относительно какого-то заданного уровня. Сигнал помехи для радиозакладки (переизлучения ВЧ навязывания) излучается в режиме реального времени и происходит аддитивное сложение сигнала помехи и сигнала закладки (модулированное переизлучение ВЧ навязывания). На входе приемника должен получиться сигнал (если все параметры модуляции помехи близки к модуляции закладки) близкий к постоянному шуму. Сигнал помехи для остального диапазона будет представлять собой инвертируемый относительно какого-то уровня на частотах, записанных в ОЗУ при определенном цикле сканирования с задержкой, вызванной разницей работы сканера и передатчика на данной частоте. Для «быстро изменяющихся» сигналов такая помеха не будет представлять собой угрозы, а для «медленно меняющихся сигналов» (соответственно медленно меняющемуся акустическому информационному сигналу) такие помехи при аддитивном сложении с сигналом закладных устройств в результате дадут сигналы близкие к постоянному шуму.

Таким образом, в качестве достоинств предлагаемого устройства стоить заметить:

1. Получившееся устройство имеет малый уровень излучений, соответствующий уровню излучений «фоновых» помех, не должно влиять на работоспособность других радиотехнических устройств и систем и не потребует специальных разрешений.

2. Данное устройство может быть использовано для выявления ВЧ навязывания и нахождения закладных устройств (в том числе и полуактивных закладок), которых нельзя обнаружить нелинейной локацией;

3. Спроектированное устройство позволяет выявлять переизлучение ВЧ навязывания при отсутствии внешнего источника речевого сигнала;

4. Спроектированное устройство не мешает использованию других способов и методов борьбы с ПЭМИН и с радиозакладками и ВЧ навязыванием, в том числе и мощных генераторов «белого шума».

В качестве блока управления БУ возможно использование микропроцессора, специализированной ПЛИС с микропроцессором или специализированного ПО с драйверами.

Библиографический список

1. Тельный А.В., Монахов Ю.М., Монахов М.Ю. «Оценка защищенности информационных ресурсов организации от несанкционированного доступа нарушителей в здания и помещения» Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности №5 2016г. стр.259-263.

2. Тельный А.В., Монахов М.Ю., Монахов Ю.М. «Автоматизация оценки достаточности технических средств охраны и безопасности для защиты от несанкционированного доступа производственного объекта» Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности №5 2016г. стр.263-267.

ABOUT THE POSSIBILITY OF INFORMATION SECURITY ON THE ACOUSTIC CHANNEL IN CASE OF HIGH-FREQUENCY IMPOSING

© A.V. Telnyy
The Vladimir state university of Alexander Grigoryevich and Nikolay Grigoryevich Stoletovykh, Vladimir, Russia, andre.izi@mail.ru

Abstract. The skeleton diagram of the adaptive noise generator is offered. The adaptive noise generator consists of the radio scanner with the searcher of frequency of high-frequency imposing and the transmitter. The transmitter creates for an audible information signal the narrow-band noise inverted by 180 degrees in the range of frequencies of action of a radio tab.

Keywords. Radio noise generator, radio mortgage device, protection of the acoustic channel, high-frequency imposing.

СЕКЦИЯ № 8.1

ПОДГОТОВКА ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КАДРОВ В ИННОВАЦИОННОМ УНИВЕРСИТЕТСКОМ КЛАСТЕРЕ

УДК 378.147

ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ И ПРЕИМУЩЕСТВО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО ПЕРЕВОДА В СИСТЕМЕ ЛИНГВИСТИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ИНЖЕНЕРНЫХ КАДРОВ В ТЕХНИЧЕСКИХ УНИВЕРСИТЕТАХ

О.С. Абайдуллина, Н.Е. Карлина
Московский технологический университет. Москва, Россия
e-mail: abaydullina@mirea.ru, karlina@mirea.ru

Аннотация. В статье рассмотрены методы обучения компьютерному переводу технических текстов с английского языка на русский. Приведена оценка качества автоматизированного перевода технического текста. Показана целесообразность использования компьютерных редакторов-переводчиков при обучении техническому переводу.

Ключевые слова. Компьютерный перевод, автоматизированный перевод, социолингвистика, логико-семантическая контент, компьютерные технологии, инженерные кадры.

Традиционно, в технических университетах учебный перевод представляет собой средство, а не цель обучения иностранному языку в лингводидактическом плане.

Одним из главных элементов вузовской подготовки по иностранному языку является обучение переводу посредством компьютерных технологий. Общеизвестно, что перевод представляет собой специфический вид коммуникативной деятельности, которая требует постоянной координации двух языковых систем.

В современной системе уровней владения иностранным языком умения и навыки перевода являются интегральными компонентами социолингвистической компетенции.

Компьютерная лингвистика привела к значительному прогрессу в сфере автоматизированного перевода, созданию электронных словарей, например, LINGVO, MULTITRAN и программ перевода, таких как PROMTили META.TEXIS.

Целесообразно ли использование автоматического компьютерного перевода в вузовской среде? Мы попытались оценить реальные возмож-

ности компьютерной программы автоматизированного перевода с английского языка на русский на материале двух текстовых образцов технической направленности, так как студенты неязыковых вузов довольно часто используют программы компьютерных редакторов-переводчиков для выполнения технического перевода в рамках образовательного процесса. При выполнении таких задач сохраняется неизменным логико-семантический контент грамматической конструкции, а не ее форма. Таким образом, перевод может быть эквивалентным, но недословным «подстрочником», так как не существует абсолютной идентичности грамматических структур и лексических единиц между языком оригинала и самого перевода.

Ниже приведен электронный перевод текста, который был выполнен с помощью программы автоматизированного перевода:

Text (technical English)	**Перевод: английский –русский, программа** ,,,,,,
The network calculus has been developed to analyze unsynchronized networks. In particular, network calculus has been adopted to the unsynchronized avionics Ethernet variant ARINC 664-P7 and continually optimized, e.g., by Boyer et al. to achieve better latency bounds. With this technique, worst-case bounds on the end-to-end latency, jitter, and the required memory space in ARINC 664-p7 switches can be calculated. Several aspects of it have been formally proven and certified for use in civil aviation.	*Сетевое исчисление было разработано для анализа несинхронизированных сетей. В частности, сетевое исчисление было принято для несинхронизированного варианта авионики Ethernet ARINC 664-P7 и постоянно оптимизировано, например, Boyeretal. Для достижения более высоких латентных ограничений. С помощью этой методики можно вычислить наихудшие значения от конца к концу латентности, дрожания и требуемого объема памяти в коммутаторах ARINC 664-p7. Некоторые его аспекты были официально подтверждены и сертифицированы для использования в гражданской авиации.*

Постредактирование

Теория сетевого анализа была разработана для оценки несинхронизированных сетей. В частности, теория сетевого анализа была адаптирована для несинхронизированного авиационного варианта Ethernet ARINC 664-7p, и постоянно оптимизируется, например, Бойером и другими авторами, для получения более точных пределов времени задержки между конечными пунктами в наименее предпочтительном случае, искажения и необходимого пространства в памяти коммутатора ARINC 664-7p. Некоторые ее аспекты получили формальное подтверждение и сертифицированы для использования в гражданской авиации.

Анализируя качество автоматического перевода данного текста с английского языка на русский, очевидно логико-семантическое языковое

несоответствие, а так же, несоблюдение нормы комбинаторики, т.е. переводческий потенциал электронных редакторов-переводчиков, к сожалению, весьма низок. Поэтому электронный перевод должен подвергаться процедуре обязательного постредактирования.

Тем не менее, целесообразность использования компьютерных редакторов-переводчиков при обучении техническому переводу с учетом обязательного постредактирования, является неоспоримой. Поскольку при этом осуществляется постоянная и довольно быстрая координация двух языковых систем и эквивалентных фрагментов текстов, решается задача определения ошибок в процессе перевода на любом уровне.

Важным преимуществом применения компьютерных программ как способа рационализации переводческого процесса является повышение мотивации обучения, возрастание скорости обработки информации, формирование специфических умений и навыков перевода, а также углубление практических знаний в области как родного, так и иностранного языков.

Библиографический список

1. Гурский Д.С. Система машинного перевода. // Мир ПК -2006 No 6 С 8-11

2. Евдокимов А.С. Искусство машинного перевода// Hard' N'Soft – 2005

3. Нелюбин Л.Л. Наука о переводе. Учебное пособие. Тюмень: 2006 – 416с

4. Соловьева А.А. Профессиональный перевод с помощью компьютера. СПб: Питер 2005-160с - учебное пособие

Интернет ресурсы

1. http//www.wikipedia.ru.org/wiki/ mashinnyiperevod

EXPEDIENCY AND ADVANTAGE OF USING COMPUTER TRANSLATION IN THE SYSTEM OF LINGUISTIC TRAINING OF ENGINEERING PERSONNEL IN TECHNICAL UNIVERSITIES

O.S. Abaydullina, N.E.Karlina
Moscow Technoligical University, Moscow, Russia
e-mail: abaydullina@mirea.ru, karlina@mirea.ru

Abstract. This article considers the methods of teaching computer translation of technical texts from English into Russian. There given the estimation of the quality of the automated translation of the technical text. The expediency of using computer assisted editors-translators for teaching technical translation is shown.

Keywords. Computer translation, sociolinguistics, logical and semantic content, automated translation, computer technology, engineering personnel.

УДК 378.147

ОСОБЕННОСТИ И АЛГОРИТМ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИМИТАЦИОННЫХ МЕТОДОВ В ОБУЧЕНИИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОМУ ОБЩЕНИЮ НА ИНОСТРАННОМ ЯЗЫКЕ

Богуш Н.Б.

Московский технологический университет, Москва, Россия
e-mail: **Bogouchn@yandex.ru**

Аннотация: В статье анализируются особенности и алгоритм применения имитационных методов, как одних из активных видов современных обучающих форм подготовки специалистов в формировании навыков профессионального общения на иностранном языке. Алгоритм эффективного использования рассматривается с учетом индивидуально-психологических особенностей обучающихся, целей, задач, лингво-психологических механизмов речи, специфики области применения языка.

Ключевые слова: имитационно-игровое моделирование, ситуация, профессиональное общение, профессиональные компетенции, компетенции профессионального общения.

Современные методики обучения профессиональному общению на иностранном языке, такие как обучение в сотрудничестве, проектная методика с использованием НИТ и Интернет-ресурсов, метод кейсов помогают реализовать личностно-ориентированный подход в обучении, обеспечить индивидуализацию и дифференциацию обучения. Данные методики представляются как инновационные обучающие технологии в профессиональной подготовке специалистов, как технологии активного обучения (ТАО).

Все более широкое использование в учебном процессе различных так называемых ТАО обуславливается теми процессами , которые происходят в современном обществе. Основной целью обучения становится не только усвоение подрастающим поколением культурных ценностей, включая знания ,полученные в ходе общественно-исторической практики человечества, но и дальнейшее их развитие. Учитывая современные тенденции в сфере образования, сторонники активных форм обучения отмечают определенные недостатки традиционных форм обучения. Большинство исследователей полагают, что основной задачей обучения при использовании традиционной дидактической системы становится направленность на усвоение основ наук. В содержании обучения веду-

щую роль приобретает освоение теоретических знаний. В данной связи, обращается внимание мой существования культуры и субъективной (индивидуальной) формой ее присвоения . Сторонники активных форм обучения отмечают тот факт, что при одном и том же содержании, включающим в себя определенные планы и программы, люди получают разный уровень образования. В современной же педагогической практике, содержание образования представляется как уровень развития личности, предметной и социальной компетентности человека, который формируется в процессе обучения. В соответствии с данным подходом технологии активных форм обучения, включающие в себя и так называемые имитационные методики, относятся к образовательным технологиям, главной задачей которых становится оптимизация процесса обучения, с опорой не только на процессы восприятия и памяти, но прежде всего на творческое продуктивное мышление, общение .

В работе Г.В. Лаврентьева, Н.Б. Лаврентьевой ,Н.А. Неудахиной[1] в частности, представлена классификация технологий активного обучения, в которой описываются имитационные и неимитационные технологии. В основу классификации авторы кладут два признака 1) наличие модели (предмета или процесса деятельности); 2) наличие ролей (характер общения) По признаку воссоздания (или имитации) контекста профессиональной деятельности, ее модельного представления, технологии ТАО подразделяются на неимитационные технологии , не предполагающие построения модели изучаемого явления, процесса, деятельности. Активизация учебного процесса достигается за счет подбора проблемного содержания, организации процедуры ведения занятия, применения технических средств, обеспечения диалогического взаимодействия преподавателя и студента. К неимитационным формам и методам авторы относят проблемную лекцию, семинар-дискуссию с «мозговой атакой» или без нее, курсовую, дипломную работу.

Данные технологии, как считают авторы, создают предпосылку для развития как общих, так и профессиональных навыков и умений.

В основе имитационных технологий лежит имитационное или имитационно-игровое моделирование, т. е. воспроизведение в условиях обучения с той или иной мерой адекватности процессов, происходящих в реальной действительности.

Имитационные методики в обучении иностранным языкам рассматриваются как целостная система способов, приемов и средств проектирования и реализации учебных и профессиональных ситуаций и так называемой квазипрофессиональной деятельности студентов. Исследователи, занимающиеся вопросами контекстного обучения рассматривают данный вид обучения как концептуальную основу для интеграции различных ви-

дов деятельности студентов (учебной , научной, практической)

Как известно, общение в том числе и общение на профессиональные темы осуществляется главным образом с помощью речевой деятельности в виде говорения, аудирования, чтения и письма. Основываясь на положении о том, что речь каждого человека имеет свои индивидуальные особенности, некоторые авторы высказывают мысль о том, что речевой деятельности нельзя научить, (поскольку она индивидуальна у каждого), ей можно только научиться В данной связи можно было бы согласиться лишь с тем, что речь каждого из нас своеобразна и речевая деятельность - деятельность творческая. Однако при этом, задача преподавателя ,в частности иностранного языка и состоит в том, чтобы максимально способствовать развитию индивидуальных речевых способностей, используя при этом, как традиционные, так и активные способы, приемы, технологии, необходимые на определенном этапе обучения.

Определенным преимуществом и сущностью имитационной технологии является построение обучающей деятельности, адекватной структуре культуры, через формирование у обучаемых ценностных ориентаций, культуры общения, культуры мышления , методов деятельности (планирование, прогноз, анализ, рефлексия...)

В данной связи, рядом исследователей, особенно в области психологии обучения отмечается такая особенность традиционных форм обучения, как его вербальный характер. Поэтому данный метод становится эффективным только для учащихся ,имеющих способности к абстрактному мышлению. Учащиеся, обладающие другими особенностями мышления, например, способностями к наглядно-образному мышлению, наглядно-действенному мышлению испытывают определенные затруднения в усвоении материала. Кроме того, важно подчеркнуть и тот факт, что информация воспринимается через разные каналы восприятия - слух, зрение, мышление и обязательно через чувства. То, что не проходит через чувства, не переходит в убеждения, не проявляется в поведении , в действиях.

В данной связи, имитационные технологии помогают избежать определенные недостатки традиционных технологий обучения благодаря следующим особенностям. Во-первых, данные технологии имеют деятельностный характер обучения благодаря организации коллективной мыследеятельности и сотворчества. В такой деятельности формируются способы общения, мышления, понимания, рефлексии и затем последующих действий. Во-вторых, в определенных видах деятельности работает группа (коллектив). Для эффективной работы коллектива необходимо знание из области социальной психологии, в частности, законов коллективной деятельности, механизмов формирования команды , принципов выделения лидеров особенностей гармонизации групповых и индивидуальных интересов

с целью избегания конфликтных и стрессовых ситуаций.

Построение учебного процесса на базе контекстного обучения позволяет максимально приблизить содержание и процесс деятельности студента к их будущей профессиональной деятельности. В данной связи хотелось бы уточнить понятия «содержание обучения», «контекст»

Под содержанием обучения, как уже отмечалось, понимается то, что содержится в учебных планах и программах.

Понятие «контекст» рассматривается в разных плоскостях.

В психологии контекст связан с понятием «ситуация». В ситуацию включаются и внешние условия и сам субъект, и те люди с которыми он контактирует. Данные факторы становятся побуждающими и опосредующими человеческую активность. Исследователи в области лингвопсихологии отводят контексту основную роль в процессе переработки информации. Прежде чем приступить к действию требуется собрать как можно больше информации. Если у человека нет образцов поведения, зафиксированных в определенных ситуациях, то последует просто импульсивная неосознанная реакция.

С точки зрения профессиональной деятельности «ситуация» рассматривается как совокупность фактов, явлений и проблем, характеризующих конкретный период или событие в деятельности какой-либо организации, требующих соответствующих решений и конкретных действий.

Метод анализа конкретных ситуаций, как отмечают исследователи, состоит в изучении, анализе и принятии решений по ситуации, которая возникла в результате происшедших событий или может возникнуть при определенных обстоятельствах. Анализ конкретной ситуации - это глубокое и детальное исследование реальной или искусственной обстановки, выполняемое для того, чтобы выявить ее характерные свойства. Этот метод развивает аналитическое мышление обучаемых, системный подход к решению проблемы, позволяет выделить варианты правильных и ошибочных решений, выбирать критерии нахождения оптимального решения, учиться устанавливать деловые и профессиональные контакты, принимать коллективные решения, устранять конфликты,

Учебные ситуации как разновидность практических заданий лучше всего отвечают идеям контекстного подхода, поскольку отражают реальные жизненные ситуации. Задача студента — проанализировать ситуации, дать им адекватные оценки, используя концепции и идеи.

По учебной функции различают четыре вида ситуаций: ситуация проблема, в которой обучаемые находят причину возникновения описанной ситуации, ставят проблему и затем решают ее; ситуация-оценка в которой обучаемые дают оценку принятым решениям; ситуация-иллюстрация, в которой обучаемые получают примеры по основным темам курса на основании ре-

шенных проблем; ситуация-упражнение, в которой обучаемые упражняются в решении нетрудных задач, используя метод аналогии (учебные ситуации) .Выбор вида конкретной ситуации зависит от многих факторов, таких как, уровень подготовки студентов, характер целей изучения темы, наличие иллюстративного материала и технических средств

В Московском технологическом Университете обучение иностранному языку проходит на первом и втором году обучения. В Интитуте ИНТЕГУ иностранный язык изучается на протяжении двух с половиной лет. Кроме того, в рамках дополнительного образования эффективно работает система подготовки специалистов переводчиков в области профессиональной коммуникации, построенная по уровневой схеме освоения знаний и приобретения умений по широкому кругу различных аспектов изучаемого языка и, в первую очередь, формирования компетенций в области профессионального общения. Учитывая целый ряд факторов объективного порядка, таких как: относительно ограниченное количество часов, отводимых на занятия иностранным языком, разный уровень владения иностранным языком и разную степень интеллектуальной подготовки студентов, индивидуально-психологические особенности студентов и целый ряд других факторов, успех обучения в выполнении поставленных задач во многом зависит от эффективной работы преподавателя как главного организатора и участника данного процесса.

Согласно действующей программе ,аудиторные занятия по иностранному языку рассчитаны на два часа в неделю. Во всех Институтах Университета , кроме ИНТЕГУ в ходе первого года обучения английскому языку проводится повторение и закрепление базовых знаний и умений студентов, полученных ими в средней школе. Студенты совершенствуют свои знания в рамках изучения таких тем как, : система образования в России и в стране изучаемого языка; исторические вехи в истории образования в нашей страны и в ряде зарубежных стран ; современные мегаполисы (Москва, Нью-Йорк, Лондон и другие города); история развития наземного, морского и воздушного видов транспорта; современные информационные технологии.

Каждая тема представлена в виде модуля, включающего в себя информационный материал по смежным темам. Кроме того, дается необходимый лексический и грамматический материал, усвоение которого будет служить строительным материалом для активных видов деятельности уже непосредственно с изучаемой темой модуля. Занятия проводятся в рамках выполнения задач, которые поставлены в настоящее время перед Высшей технической школой: формирование компетенций, необходимых для будущего специалиста, выпускника технического вуза. Хотелось бы отметить, что в последнее время все больше появляется

учебного материала, построенного на освоении лексики и грамматики в контексте. При этом ситуация (контекст), в которой встречается изучаемая грамматическая структура или лексическая единица, строится в зависимости от определенного уровня обучения (начального, среднего, продвинутого) Использование серии учебников …...in Use,например таких как English Vocabulary in Use, Oxford Word Skills, Test Your Vocabulary, Keywords for fluency Vocabulary in Practice, Boost Your Vocabulary издательства Cambridge University Press (Великобритания) авторов Michael McCarthy, Felicity O'Dell в которых задания строятся на основе определенной ситуации и имеют коммуникативную направленность, позволяет пополнить и активировать словарный запас. По такой же схеме, на основе определенного контекста и направленных на развитие навыков речевой активности строятся задания на освоение грамматики Например, серия учебников Grammar Practice издательства PEARSON Longman, предназначенных для освоения грамматических структур на начальном, среднем, среднем продвинутом, высоком уровне. Следует при этом заметить, что в новых методических исследованиях подчеркивается необходимость коммуникативного и когнитивного аспектов при обучении грамматике. Под когнитивным аспектом понимается процесс формирования умственных связей, а под коммуникативным -формирование речевых навыков и умений. Так, согласно концепции известного ученого Г.А.Золотовой [2], организующим центром грамматики признается синтаксис, поскольку коммуникативная функция речи реализуется посредством синтаксических конструкций. Как домашнее задание в обучении коммуникативной грамматике учащиеся исследуют одно из решений в деталях и дают письменный совет, само задание которого включает изучаемое грамматическое явление. Данные пособия используются нами в качестве дополнительного материала для активизации необходимых лексических и грамматических навыков , что позволяет расширить рамки учебного занятия. Кроме того, усвоение определенных моделей, в которых активируется то или иное лексическое или грамматическое явление позволяет построить определенную основу для перехода на последующую, более высокую ступень обучения — анализ конкретных учебных ситуаций, на основе приобретенных лексических и грамматических навыков общения. Учебные конкретные ситуации специально разрабатываются на основе фактического материала с целью последующего разбора на учебных занятиях В ходе изучения ситуаций обучающиеся учатся действовать в «команде», проводить анализ и принимать эффективные решения.

В качестве примера создания алгоритма реализации практического задания на основе создания учебной ситуации хотелось бы остановится на

следующих этапах:

Первый этап состоит в выборе соответствующих учебных ситуаций, отвечающих определенным требованиям, разработанным в методике обучения устному общению на иностранном языке. К данным требованиям, в частности, относятся: реалистичность сценария, содержащего не более 5-7 изучаемых проблем, наличие 2-3 связующих тем, которые также присутствуют в тексте.

В качестве образца анализа учебной ситуации ,адресованной студентам 3 курса Интитута ИНТЕГУ Московского технологического Университета приведем пример обсуждения секрета успеха ведения бизнеса одной из международных компаний. Данная проблема имеет комплексный характер, связана с целым рядом смежных проблем и представлена в обязательной программе курса, в модуле «Companies».

Создание завершающей учебной ситуации, с использованием метода активного проблемно-ситуационного анализа, так называемого метода “case-study” проводится на основе подготовительного этапа.

Данный этап (предваряющий) состоит в усвоении необходимого информационного материала, касающегося структуры компании, ее подразделений, функциональных обязанностях сотрудников, их психологических особенностях. Усвоение данного материала построено на системе заданий по усвоению соответствующей лексики, анализе статей из журнала FINANCIAL TIMES, прослушивании и обсуждении беседы с Peter Jelkeby, IKEA's Deputy Country Manager о секретах успеха компании ИКЕА.

По мере усвоения представленного материала, система заданий усложняется, задания приобретают творческий характер. Например: подготовьте презентацию любой известной вам компании, опираясь на полученные знания и практические умения. Выполнение данного задания, как правило, индивидуально. Однако, обсуждение различных сторон деятельности предприятия проводится коллективно. В вопросно-ответной форме обсуждения выявляются определенные проблемы, решение которых требует коллективного анализа различных факторов сложившейся в данный момент ситуации и принятия конкретных решений. Можно формировать несколько команд, выделять команду экспертов, оценивающих результаты наиболее эффективного решения поставленных задач. Как уже отмечалось, завершающим этапом в усвоении темы, в данном случае Модуля "Companies" становится разработка задания по анализу конкретной жизненной ситуации, в частности, определенных проблем компании Valentino Chocolates. Представляется полная, так называемая back ground информация о данной компании, ее расположении, сфере деятельности, состоянии дел на данный момент и перспективах дальнейшего развития. Студенты слушают выдержки из отчета сове-

та директоров компании.

Требуется проанализировать причины уменьшения прибыли предприятия на основе анализа 4 диаграмм.

Reasons for falling profits: prices, production, demand, staff morale.

Chart1: Valentino's main products (as a % OF turnover) Chart 2 : Investment options. Ставится задача — обсудить план инвестирования с выдвижением нескольких предложений, аргументировать свои позиции, выбрать оптимальные решения, составить окончательный вариант программы инвестирования.

Task: you are directors of Valentino. Meet to discuss your investment plan.

1. Work in pairs. Decide how to spend the $ 1/5 million. Prepare a presentation of your investment plan, with reasons for your choices.
2. Meet as one group and present your ideas.
3. As one group, agree on a final investment plan.

The Board of Directors has agreed the following investment plan

INVESTMENT PLAN

1 Objectives

To solve our current problems and enable Valentino to become a competitive international business, we propose an investment of $ 1.5 million.

2 Strategy and implementation

Учебное задание в виде анализа данной ситуации строится на основе применения метода case-study,используемого в качестве современной технологии профессионально-ориентированного обучения. Данный метод относится к неигровым имитационным активным методам обучения. Созданный как метод изучения экономических дисциплин,n в настоящее время применение метода в обучающем процессе приобретает все большее распространение, поскольку становится своеобразным инструментом ,позволяющим применять теоретические знания к решению практических задач. В работах зарубежных и отечественных авторов указывается на то, что применение метода способствует не только получению знаний и формированию практических навыков, но и развитию системы ценностей обучаемых, развитию речемыслительной деятельности, профессиональной компетентности, жизненных установок, своеобразного профессионального мироощущения и миропреобразования. Как показывает опыт применения метода, с данными характеристиками и достоинствами метода трудно не согласиться. К множеству достоинств метода ситуационного анализа можно было бы отнести преодоление сухости и неэмоциональности подачи информации при использовании традиционной методики. Поэтому студенты с удовольствием работают и совершенствуют свои знания и навыки в усло-

виях коллективного сотворчества.

В качестве заключения хотелось бы отметить следующее :

Передовой опыт зарубежных педагогов, многочисленные исследования и публикации советских и российских педагогов подтверждают мысль о том, что суть различных технологий обучения , в том числе и активных состоит в том, чтобы пробудить познавательную активность студента, содействовать самостоятельности мышления и деятельности.

В настоящее время, благодаря новым информационным технологиям, Интернет ресурсам, возможностям общения с носителями языка открываются широчайшие возможности в изучении языка, приобретении практических навыков владения иностранным языком.

Несомненно, также и то, что при сложившихся в современной системе образования реалиях, в значительной степени увеличивают ся требования к личности преподавателя. Практика проведения занятий показывает, что успешность освоения материала и приобретение практических навыков владения языком во многом зависят от личностных свойств, уровня компетентности организатора, вдохновителя, координатора, и активного соучастника образовательного процесса - преподавателя.

Библиографический список

1. Г.Лаврентьев, Н.Б.Лаврентьева, Н.А.Неудахина. Инновационные обучающие технологии в профессиональной подготовке специалистов
mck72/ru

2. Г.А.Золотова. Очерк функционального синтаксиса современного усского языка. М.1973,2005,2009.ISBN 978-5-397-00589-0

3. MARKET LEADER. Pre-intermediate business english course book. David Cotton , David Falvey, Simon Kent. Pearson Longman. FT; application www.market-lead Fer.net

PECULIARITIES AND THE ALGORITHM FOR PRACTICAL USE OF IMITATION METHODS WHEN TRAINING PROFESSIONAL COMMUNICATION IN A FOREIGN LANGUAGE

Abstract. Article analyzes the characteristics and the simulation techniques application algorithm as one of active types of modern training educational forms in building professional communication skills The efficient use algorithm is considered taking into account individual psychological characteristics of learners , goal, tasks, linguistic and psychological mechanisms of speech, the language application specifics

Key words: simulation-simulation game, the situation, professional communication, professional competence, professional competence communication

УДК 378.147:372.881.1

МНОГОМЕРНЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ ПРИ ИНТЕРПРЕТАЦИИ СТУДЕНТАМИ ИНОЯЗЫЧНОГО УЧЕБНО-НАУЧНОГО ТЕКСТА

© Иванова Е. А.

***Московский технологический университет (МИРЭА),
Москва, Россия, katyaivano@mail.ru***

Аннотация. Цель данной работы – анализ данных, собранных по ряду переменных, для формализации процесса подбора и редактирования учебно-научных текстов. Во-первых, исследованы квантифицируемые параметры понимания. Во-вторых, проведен эксперимент, где студенты определяли, насколько данный текст труден для понимания. Найденные объективные и субъективные параметры трудности понимания дали разные результаты из-за отсутствия фоновых знаний (неквантифицируемого параметра) для правильного восприятия смысла текста.

Ключевые слова. учебно-научный текст на иностранном языке, многомерный анализ данных, квантифицируемые переменные, понятность текста

С целью формирования у обучающихся общекультурных компетенций, умения самостоятельно организовывать процесс овладения информацией, отобранной и структурированной для выполнения профессиональной деятельности, необходимо тщательно отбирать учебно-научные тексты для изучения на занятиях по иностранному языку. Таким образом, перед преподавателем, подбирающим и редактирующим тексты, стоит задача определения их понятности для учащихся. Для формализации этого процесса требуется произвести многомерный анализ данных рассматриваемого текстового материала. При этом данные могут обладать неполной определенностью, нечеткостью – неквантифицируемые, а могут быть однозначными, четкими, квантифицируемыми параметрами текста.

Для изучения характеристик текста может быть применен метод многомерного анализа – анализа данных, собранных по нескольким переменным. Изучается влияние каждой из них, а также взаимодействия между ними.

Существует ряд способов, основанных на статистической обработке текста, с помощью которых можно оценить трудность его понимания. Для оценки удобочитаемости текста широко используются следующие меры читаемости: формула Флеша [1], формула Флеша-Кинкайда [2], Клоуз-тест [3], индекс Фог [4], формула читаемости Дейла-Челла, формула Фара-Дженкинса-Паттерсона, формула читаемости Фрая [5], формула Лоджа [6], SMOG-классификация [7], Coleman-Liau-Index [8].

В России была проведена серия исследований, посвященных читабельности текстов в когнитивно-лингвистическом контексте. Одно из последних исследований провела Запекина [9], которая сформулировала критерии оценок удобочитаемости учебной литературы. В том числе она предложила оценивать и типографское исполнение, и его применимость для конкретной возрастной группы в качестве внетекстового критерия читабельности, влияющего на первоначальное восприятие текста и обеспечивающего условия комфортности понимания. Система внетекстовых критериев читабельности ответственна за оценку их воздействия на скорость и уровень организации психологических механизмов восприятия (распознавание слов, организация внимания, формирование образов) и затем – на понимание.

1. Квантифицируемые параметры

Критерии Запекиной относятся к любым текстам и широкой аудитории. В нашем же случае эти круги предельно сужены: тексты берутся по кибернетике и информационным технологиям, аудитория – студенты второго курса соответствующих институтов МИРЭА. В свете этого оценивать параметры типа типографское исполнение, возрастная группа и т.п. нам не требуется.

Поэтому рассмотрим следующие эвристические переменные, которые могут влиять на восприятие учебно-научных текстов: n_1 – процент длинных слов (состоящих из одиннадцати знаков и больше или четырех слогов и больше); n_2 – процент длинных предложений (состоящих из одиннадцати слов и больше); n_3 – процентное содержание сложных фраз (перегруженные союзами, местоимениями, прилагательными; нормой считается 10 – 20%, а это до пяти таких слов на предложение до тридцати слов); n_4 – процент сложносочиненных предложений; n_5 – процент сложноподчиненных предложений.

Большее количество переменных скорее всего не будет статистически значимым, поскольку они будут в какой-то степени повторять друг друга и будут неинформативными. С другой стороны, ничем не оправданное уменьшение числа переменных может привести к потере точности оценки понятности текста.

Отмеченные выше эвристические переменные для каждого из четырнадцати текстов имеют следующие значения:

Таблица 1

	текст 1	текст 2	текст 3	текст 4	текст 5	текст 6	текст 7	текст 8	текст 9	текст 10	текст 11	текст 12	текст 13	текст 14
n_1	6,58	5,11	5,94	7,41	5,19	4,50	9,24	4,18	6,42	6,01	3,82	5,41	3,61	5,88
n_2	77,8	90,0	72,2	56,25	55,9	69,2	80,0	73,9	70,6	68,4	78,9	60,9	71,4	54,2
n_3	27,8	35,0	31,6	25,0	8,8	11,5	20,0	30,4	11,8	26,3	18,4	13,0	14,3	12,5
n_4	0,0	10,0	10,5	0,0	5,9	11,5	20,0	17,4	11,7	10,5	2,3	4,3	0,0	10,4
n_5	27,8	25,0	52,6	56,25	35,3	30,7	20,0	43,5	29,4	57,9	47,4	34,8	42,8	29,2

На базе результатов изучения табличных данных найдены формальные характеристики трудности понимания текста. Для простоты рассмотрим округленный суммарный процент «трудностей» – $n_{1+} n_2 + n_3 + n_4 + n_5$ и средний арифметический процент – $(n_{1+} n_2 + n_3 + n_4 + n_5)/5$.

Таблица 2

	текст 1	текст 2	текст 3	текст 4	текст 5	текст 6	текст 7	текст 8	текст 9	текст 10	текст 11	текст 12	текст 13	текст 14
∑	140	165	173	145	111	127	149	169	130	170	151	118	132	112
м	28	33	34,6	29	22	25,5	30	34	26	34	30	23,7	26,4	22,4

Чем выше проценты, тем сложнее рассматриваемый текст. Таким образом, ранжировка текстов от высокой степени грамматической сложности до низкой выглядит так:

1 – третий текст,
2 – десятый,
3 – восьмой,
4 – второй,
5 – одиннадцатый,
6 – седьмой,
7 – четвертый,
8 – первый,
9 – тринадцатый,
10 – девятый,
11 – шестой,
12 – двенадцатый,
13 – четырнадцатый,
14 – пятый.

2. Эксперимент

Рассмотрим результаты эксперимента, касающегося понимания учебных текстов студентами. При проведении эксперимента использовались те же четырнадцать оригинальных текстов, взятых из научных и научно-популярных иностранных журналов и сайтов (Journal des Telecommunications, 2014, Science et Avenir, 2013 и 2014, La Recherche, 2010 et 2013, http://fr.sputniknews.com/sci_tech/, http://www.larousse.fr/ encyclopedie/ http://fr.wikipédia.org,), различного объема (2253-4384 печатных знаков). При такой немалом размере текстов их формальные параметры рассматриваются как относительно постоянные [10, 11].

В эксперименте были задействованы 45 студентов II курса МИРЭА,

изучавших французский язык с «нуля» в течение трех семестров. Испытуемые должны были определить, насколько предложенный им текст труден для понимания. Для этого анализировались следующие параметры понимания с оценками от 2 до 5:

А1 – скорость чтения текста, правильное интонирование;
А2 – постановка вопросов к тексту, ответов на вопросы по тексту;
А3 – составление плана или схем текста, пересказ;
А4 – методика дополнения (заполнения многоточий)
А5 – оценка студентами трудности текста [12, 13].

Таблица 3

	текст 1	текст 2	текст 3	текст 4	текст 5	текст 6	текст 7	текст 8	текст 9	текст 10	текст 11	текст 12	текст 13	текст 14
А1	3	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	3	3	4
А2	4	5	4	5	5	5	3	4	4	4	3	4	3	4
А3	4	4	5	5	4	5	3	3	3	3	3	3	3	3
А4	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4
А5	5	5	5	5	5	5	3	4	4	3	4	4	3	4
м	4,2	4,6	4,6	4,8	4,6	4,8	3,4	3,8	3,8	3,4	3,6	3,6	3,2	3,8

В этом случае ранжировка текстов от высокой степени сложности до низкой выглядит так:

1 – тринадцатый текст,
2 – седьмой, десятый,
3 – одиннадцатый, двенадцатый,
4 – восьмой, девятый, четырнадцатый,
5 – первый,
6 – второй, третий, пятый,
7 – четвертый, шестой.

3. Сопоставление результатов

На базе результатов изучения экспериментальных данных найдены объективные и субъективные характеристики трудности понимания текста. Из двух ранжировок видно, что формальные и объективно-субъективные критерии дали разные результаты. Надо заметить, что это не случайность. Причина этого явления вскрывается на занятиях. Практика показывает, что не знаний иностранного языка, а именно фоновых знаний (терминологические, имплицитная информация учебного текста, кодировка информации,

семантическая организация, эксплицитная информация и т.д.) не хватает 80% студентов для правильного восприятия содержания текста. К сожалению, параметр «фоновые знания» является неквантифицируемым.

В качестве подступов к квантификации нечеткого параметра «фоновые знания» можно рассмотреть количество и процент 1) терминологических слов и словосочетаний и 2) стилистически сложных оборотов речи, встречающихся в научной речи.

Несмотря на то что при определении индекса удобочитаемости важным результатом является выявление уровня образования, необходимого для понимания текста, в нашем случае этот уровень подразумевается одинаковым. Однако в реальности это не так, все студенты одного и того же курса имеют различные фоновые знания. Несомненно, этот нечеткий параметр необходимо учитывать при изучении удобочитаемости текстов для их составления и редактирования. Данное явление автор собирается исследовать в следующих работах.

Библиографический список

1. Flesch R. F. A New Readability Yardstick // Journal of Applied Psychology. 1948. Vol. 32 (3). P. 221–233.

2. Kincaid J. P., Fishburn R. P., Rogers R. L., Chissom B. S. Derivation of New Readability Formulas for Navy Enlisted Personnel. [Электронный ресурс]. URL: http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a006655.pdf.

3. Taylor W.L. "Cloze procedure": a new tool for measuring readability. // Journalism Quarterly. 1953. Vol. 30. 415–433.

4. Gunning, Robert. The Technique of Clear Writing. McGraw-Hill. 1952, pp. 36–37.

5. Fry Edward, "Fry's Readability Graph: Clarifications. Validity, and Extention to Level (7," Journal of Reading 21, no. 3 (December 1977): 249.

6. Lorge I. Predicting readability / I. Lorge // Teacher’s College Record. 1944. № 45. P. 404–419.

7. McLaughlin G. H. SMOG Grading – a New Readability Formula // Journal of Reading. 1969. № 12 (8). P. 639–646.

8. Coleman M., Liau T. A computer readabilty formula designed for machine scoring // Journal of Applied Psychology. 1975. Vol. 60 (2). P. 283–284.

9. Запекина Н. М. Читабельность учебной литературы и продуктивность ее понимания школьниками // Известия высших учебных заведений. Проблемы полиграфии и издательского дела. 2003. № 4. С. 100–108.

10. Косова М.М. Описательная статистика учебных текстов по физике / М.М. Косова, М.А. Зильберглейт / Труды БГТУ. Сер. VI. Физ.-мат. науки и информатика. 2006. Вып. XIV. С. 167–170.

11. Иванова Е.А. Математическая модель понимания учебного текста

(статья) / Наука и образование в жизни современного общества: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции. 29 ноября 2013 г.: Ч.3. Тамбов, 2013.

12. Невдах М.М. Новая классификация методов определения понимания текста / М.М. Невдах, Ю.Ф. Шпаковский // Труды БГТУ. Сер. IX. Издат. дело и полиграфия. 2007. Вып. XV. С. 100–103.

13. Невдах М.М. Исследование информационных характеристик учебного текста методами многомерного статистического анализа / Прикладная информатика. Лаборатория. Моделирование образовательных процессов. № 4(16), 2008. С.117-130.

MULTIVARIATE DATA ANALYSIS DURING STUDENTS' INTERPRETATION OF FOREIGN LANGUAGE SCIENTIFIC TEXTS

© ***Ivanova Ekaterina A.***

Moscow technical University (MIREA), Moscow, Russia
e-mail: katyaivano@mail.ru

Abstracts. The paper contemplates problems of the multivariate data analysis to formalize the picking and editing process of educational scientific texts. Firstly, the quantified comprehension parameters are studied. Secondly, during the experiment students defined as far as the text is difficult for understanding. These objective and subjective parameters yielded different results. Cause for this is the lack of background knowledge (an unqualified parameter) for a correct comprehension of the text meaning.

Keywords. educational-scientific text in a foreign language, multivariate data analysis, strong options, readability of a text.

УДК 81

ЛИНГВИСТИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА СТУДЕНТОВ В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ

И.В. Лаврухина, И.Ш. Каппушева

Московский технологический университет, Москва, Россия
e.mail:oirinav@mail.ru, ines17@mail.ru

Аннотация. Рассмотрена диверсификация профессионального образования, где студент выступает, как главный субъект педагогического процесса, характеризует уровень сформированного умения выполнять все виды и формы профессиональной деятельности. Показано, что формирование и дальнейшее развитие академической мобильности студентов, предполагающей диверсификацию образовательного процесса требует обязательного введения единых для всех стандартов оценки уровня владения иностранным языком.

Ключевые слова. Диверсификация профессионального образования, академическая мобильность студентов, обучение иностранному языку.

Изменения, ежедневно происходящие в информационных и коммуникационных технологиях, характеризуемые ростом наукоемких производств, увеличением объема научно-технической информации, способствовали переходу цивилизации в более новое качественное состояние, именуемом обществом знаний, в котором главным ресурсом становится человек, неоднократно сталкивающийся с необходимостью повышения своей квалификации. В этих условиях происходит усиление роли образования, как ведущие потребности человека и общественным благом, при этом особая роль отводится высшему образованию, которое, внося решающий вклад в процесс совершенствования общества и личности, во второй половине XX века претерпевает серьезные качественные изменения.

В первую очередь, подвергается серьезной переоценке само понятие профессионального образования, которое, в отличие от ранее принятой трактовки как процесса, направленного на формирование систематизированных знаний, умений и навыков, в современных условиях понимается как «процесс и результат профессионального обучения и воспитания, профессионального становления и развития личности человека», становясь личным капиталом каждого гражданина.

В настоящее время обозначились мировые тенденции развития высшего профессионального образования, которые нашли свое отражение в основных документах Болонского процесса, полноправным участником которой, начиная с сентября 2003 года, стала и Россия, тем самым взяв на

себя ряд соответствующих обязательств.

К основным тенденциям высшего образования можно отнести: увеличение степени взаимосвязи школы высшего образования с трудовым миром, непрерывность образовательного процесса личности на протяжении всей своей жизни, диверсификация высшего образования, фундаментализация, интернационализация, гуманизация и гуманитаризация высшего образования, личностно ориентированное обучение, индивидуализация обучения, компьютеризация образования, тем самым определив основные направления, развития профессионального образования, обусловленные основными субъектами образовательного процесса: личность, общество, производство и сферу образования.

К значимым особенностям перемен, которыми можно охарактеризовать мировое сообщество сегодня, можно отнести: непрерывность, устойчивость, стремительность и способность к ускорению. Эти перемены обуславливают рост спроса на сформированную квалификационную систему профессиональных кадров, которая выдвигает к ним такие требования, как профессиональную мобильность и совершенство, в свою очередь, требующие постоянное обновление знаний. В этой связи обучение, происходящее на протяжении всей жизни человека, в целях личного и профессионального развития, овладения широкопрофильной квалификацией, которое соответствует предложением и спросом на профессиональные кадры имеет в настоящее время решающее значение.

Одним из путей решения этой проблемы является диверсификация профессионального образования, как важного аспекта непрерывного образования, охватывающего цели, доступ, содержание программ, структуру образовательного учреждения, охват областей деятельности, тип и продолжительность образовательных программ, формы организации учебного процесса, используемые методы, условий осуществления приема и подготовку кадров, способности образовательные учреждения откликаться на постоянно возникающие новые потребности, предугадывая их.

Термин *«диверсификация»*, имеет следующее толкование:

1) разнообразие, разностороннее развитие;

2) проникновение специализированных форм организации в другие разнообразные, в том числе и в сферу услуг, благодаря чему появляются многоотраслевые комплексы;

3) расширение ассортимента предоставляемых видов услуг.

Принято считать, что сам термин «диверсификация» стал употребляться в научной литературе по проблемам в области образования в конце 60-х начале 70-х годов, и его появление было обусловлено острой необходимостью решения задач структурного реформирования всех образовательных систем Западной Европы. Изначально сам термин употреблялся в значении развития новых видов профессиональной деятельности, способствующих расширению видов предлагаемых образовательных услуг.

Само слово «диверсификация» обладает латинским происхождением и переводится, как «diversus» - *разный*, и «facere» - *делать*, *а в словаре*

иностранных слов оно применяется в значении «разнообразие, разностороннее развитие» и соотносится со словом «diversification», обозначающим *разнообразие, многообразие, расширение ассортимента*.

Такое определение, взятое из современного словаря иностранных слов, дало нам возможность проанализировать диверсификацию в качестве исходных положений системы профессионального образования, понимаемое нами в контексте нашего исследования, как *общепедагогический принцип* развития всей системы непрерывного профессионального образования в условиях современного мира, внедрение которого способно создать условия для формирование разнообразия образовательных траекторий, которые будут обеспеченны практически безграничным вариантом образовательных программ, учитывающие индивидуальные возможности, потребности и способности каждой личности, сформировав тем самым новую типологию образовательных учреждений.

Проведенный нами анализ использования термина «диверсификация» в научной и научно-методической литературе, рассматривающей современные проблемы образования, показал, что его употребление достаточно разнообразно: 1)как некое структурное разнообразие: образовательных структур и учебных программ; как сложный механизм приумножения индивидуализации педагогического процесса; целей и образовательной деятельности учебных заведений; систем подготовки специалистов; 2) при очерчивании образовательных политик: содержания гуманитарного образования; как фактор снижения социальной напряженности в сфере доступа к получению престижного университетского образования; как правительственная система целенаправленных мер; 3) многофакторное употребление: легитимное сохранение рыночной диверсификации, основанной на рейтинговой системы; источников финансирования образовательных учреждений; институциональная диверсификация высшей школы в Восточной и Центральной Европе; диверсификация традиционно сложившихся литературных и исторических традиций образования; диверсификация средне-специального образования.

Многие авторы, подчеркивая, что коренные изменения в высшей профессиональной школе начала 90-х годов посредством диверсификации характеризуются разнообразные инновации в области образования, рассматривали её по содержанию и методам обучения, как некую альтернативу существующему традиционному образованию в сфере увеличения шансов на достижение успеха. Так как вся система профессиональное образование, выступая одной из сфер социальной практики общества, способствует созданию не только целый комплекс объективных условий, направленный на расширение профессиональных знаний, обогащение опытом, овладение разнообразными способами познавательной, практической и социальной деятельности человека, но и благоприятен для формирования целостности личность, на наш взгляд, диверсификацию необходимо рассматривать как социально-педагогическое явление.

Первое положение, которое определяет содержательную сторону исследования: диверсификация профессионального образования, как один из общепедагогических принципов развития всей системы непрерывного профессионального образования, выражается в суммативной диверсификации всей педагогической системы и учебных заведений.

Второе положение: диверсификация включает три основных компонента: личностный, содержательный и организационный.

Третье положение: обязательным условием диверсификации образовательной системы выступает *адаптация* обучаемых и непосредственно педагогов к креативному мышлению и поведению, к пониманию и формированию личного опыта.

Четвертое положение: диверсификация предполагает достаточно широкий спектр и разнообразие вариантов образовательных программ, которые способны учитывать степень и характер взаимосвязей, образованных между целями обучения, уровнями образования и квалификации, уровень базовой подготовки, форм, методов и технологии образовательного процесса в личностно ориентированном содержательном аспекте образовательных программ, а также учитывающих весь комплекс возможностей и способностей самого обучаемого при осуществлении выбора индивидуальной образовательной траектории, которая в дальнейшем позволит защитить личность на рынке труда, а самому образовательному учреждению выстроить свою уникальную образовательную систему, отвечающую интересам региона.

Пятое положение, которое определяет содержание данного исследования: осуществление разнообразными учебными заведениями многообразия диверсифицированных программ может быть при условии создания и развития новой типологии образовательного учреждения.

Проведенный нами научный анализ позволил обозначить ряд факторов, способствующих возникновению и развитию диверсификации профессионального образования: рост социального спроса на высокий уровень образования и обязательность удовлетворения потребностей всех слоев населения; значимые научные достижения, содействующие развитию и усилению, как фундаментализации, так и междисциплинарности академических дисциплин; форсированное развитие комплекса *коммуникационных технологий*.

Таким образом, обозначенные нами факторы позволяют нам сформулировать следующую совокупность ряда *частных принципов* диверсификации, как непосредственно образовательного процесса, так и образования в целом:

принцип соответствия, направленный на удовлетворение современных потребностей в подготовки высококвалифицированных профессиональных кадрах, которые способны находить решение при столкновении с комплексными задачами в современной производственной сфере;

- принцип качественности, выдвигающий требование повышения качества профессиональной подготовки в сети образовательных учреждениях;
- принцип личностной направленности, направленный на удовле-

творение индивидуальной потребности каждой личности обучающегося в разнообразии спектра предоставляемых услуг образования;

- принцип свободы выбора, предоставляющий свободу предоставления разнообразных образовательных услуг профессиональным образовательным учреждениям.

Проведенный нами анализ научной и научно-методической литературы, рассматривающей проблему диверсификации профессионального образования с точки зрения системного подхода, позволяющий рассматривать диверсификацию в виде системы сложных объектов, т.е. в виде некой совокупности взаимозависимых элементов, дал возможность нам проанализировать диверсификацию профессионального образования как совокупность включающую диверсификацию базового профессионального образования и профессиональных образовательных учреждений в общей структуре осуществления непрерывного образования.

Согласно современной методологии формирования педагогических систем профессиональной подготовки специалистов технического профиля, начальной ступенью любого педагогического исследования является непосредственный детальный анализ профессиональной деятельности специалиста. Сама категория любой деятельности анализируется философией, социологией, психологией, педагогикой и рядом других наук, например, в философии под деятельностью принято понимать способ существования личности и социума в совокупном единстве, сущность которого заключается в активном отношении человека к окружающему его миру, посредством направленного на его изменение и преобразование. М.С. Каган, выделяет пять основных видов деятельности человека: игровую, познавательную, преобразовательную, эмоционально-оценочную и общение. Б.Г. Ананьев выделяет три значимые сферы деятельности человека - общественно-производственную, познавательную и *общение*. Достаточно объемное представление, такая категория, как деятельности приобрела в трудах, таких отечественных ученых, как Л.С. Выготского, С.Л. Рубинштейна, А.Н. Леонтьева, Б.Ф. Ломова, Б.Г. Ананьева, А.А. Смирнова.

К основным понятиям теории деятельности относятся субъект, объект и предмет деятельности, которые порождают ее потребность, мотив и цель. С точки зрения психологии, деятельностью называется одна из форм активного и целенаправленного взаимодействия человека с окружающим его миром, вызванное потребностью в чем-либо, которое является необходимой предпосылкой любого вида деятельности, тем самым определяя ее предмет. Именно по предметности деятельности, которая является одной из значимых ее характеристик, распознаются ее виды. К характеристикам деятельности также относятся ее мотивированность («опредмечиваемость»), как объективная необходимость, целеположенность, как совершенное представление ее будущего результата.

Профессиональная деятельность, носящая любой характер, рассмат-

ривается как одна из разновидностей преобразовательной, трудовой или созидательной деятельности самого человека, носящей устойчивый характер и требующей определенной квалификации.

Профессиональная деятельность с педагогической точки зрения изучается как процесс, действие которого направлено на формирование профессионально значимых качеств будущего специалиста, а также всей педагогической системы, которая определяет цели, содержание и технологии их формирования. Непосредственно инженерную деятельность предполагается анализировать как специфическую категорию инженерной педагогики, т.е. педагогики высшего технического образования. Значительный вклад в формирование именно этой отрасли профессиональной педагогики внесли такие ученые, как А. Мелецинек, А.А. Кирсанов, В.М. Жураковский, В.М. Приходько, И.В. Федоров. Однако, необходимо отметить, что достаточно полное представление об инженерной деятельности как о некой педагогической категории до сих пор еще не сформировано.

В нашем исследовании инженерная деятельность, рассматривается как одно из направлений профессиональной деятельности, предполагающую работу, направленную на обнаружение, постановку, решение задач инженерного характера, а также практическую реализацию полученных результатов, как в производство, так и в производственные отношения в целом. Таким образом, инженерная деятельность представлена в виде динамической системы взаимодействия инженера и орудий труда, создаваемые искусственным путем, опираясь при этом на научные знания, умения, навыки, что обуславливает выбор объектов инженерной деятельности как многофакторной системы «человек - машина - окружающая среда». В зависимости от масштаба осуществляемого труда разграничивают такие понятия, как совокупный и частный инженерный труд. К основным функциям инженерной деятельности, принято относить гностическую, проектировочную, организаторскую, коммуникативную и др..

Принято под совокупным инженерным трудом понимать определенное суммарное число производственных функций, носящих организационный и творческий характер, которые необходимы для осуществления нормального течения, таких процессов, как создание, внедрение и выпуск продукции. А под частным - понимается индивидуальный труд определенного инженера. Традиционно, в зависимости от характера применяемых предметов труда принято различать такие виды инженерной деятельности как: производственно-технологическая, проектно-конструкторская, научно-исследовательская и организационно-управленческая.

Однако, необходимо отметить, что все вышеуказанные виды требуют эффективной организации, которая обеспечивается согласованностью действий, что означает тесную взаимосвязь организационно-управленческого вида с каждым из них. Таким образом, данный вид деятельности выполняет ряд служебно-коммуникационных, координационных, распорядительных и контроль-

но-оценочных функции, что нашло свое отражение в государственных образовательных стандартах высшего профессионального образования по направлению техники и технологии первого и второго поколений. При этом в Федеральных государственных образовательных стандартах высшего профессионального образования, которые были утверждены и введены в действие сейчас, все виды деятельности бакалавра наиболее конкретизированы.

Следует отметить, что во время обучения в техническом вузе посредством осуществляемой учебной деятельности основной задачей образовательного учреждения является «закладка» прочной основы будущей профессиональной деятельности выпускников, и такая сложная психолого-педагогическая задача решается посредством формирования у студента способности планировать и организовывать свою учебную и будущую профессиональную деятельность, а также способности полноценно общаться.

Студента как главного субъекта педагогического процесса характеризует уровень сформированного умения выполнять все виды и формы профессиональной деятельности. Однако, если рассматривать профессиональную деятельность с точки зрения коммуникационных умений, то к сожаленью, как отмечает И.А. Зимняя, лишь незначительный процент студентов способны выступать перед аудиторией (28,8%), вести спор (18,6%), давать аналитическую оценку проблем (16,3%) (Зимняя И.А., 2002).

Возвращаясь к проблеме диверсификации непрерывного профессионального образования, характеризуемой усилением международной интеграцией всех образовательных систем в рамках Болонского процесса, необходимость использования иностранного языка уже сейчас испытывают многие студенты отечественных технических вузов, участвующие практической реализации международных проектов, в рамках которой в настоящее время стало привычным освоение отдельных частей учебной программы за пределами России. Создание международного образовательного пространства выдвигает ряд требований к уровню знаний иностранных языков, так как сопряжено с общением, а одной из главных целей Болонского процесса – развитие академической мобильности студентов, понимаемой как перемещение лица из одного образовательного заведения в другое в процессе обучения или выполнения исследовательской деятельности, тесно связанно с владением иностранным языком.

Выдвигаемое требование развития академической мобильности студентов в Сорбоннской декларации как одного из важных направлений действий образовательной системы в целом полностью совпадает с мировыми тенденциями развития высшего образования. А на международной конференции ЮНЕСКО 2001 г. «Многоязычие и новая образовательная среда», подчеркивалось, что академическая мобильность имеет огромное значение, как для диверсификации образования и развития личности, так и для культурного сближения в целом. Мобильность способна предложить равные возможности, так как находится в самой тесной взаимосвязи с демократизацией обра-

зования. С целью достижения высокого уровня мобильности в настоящее время действует целый ряд разнообразных международных программ, таких как COMETT, ERASMUS, SOCRATES, LINGVA, TEMPUS, одним из условий участия в которых является владение иностранным языком. Однако присутствующий языковой барьер, остается на достаточно высоком уровне, тем самым препятствуя, как внедрению компонентов Болонского процесса в целом, так и диверсификации образования в частности.

Все вышеизложенное нами позволяет сделать следующие выводы:

1. Формирование и дальнейшее развитие академической мобильности студентов, предполагающей диверсификацию образовательного процесса требует обязательного введения единых для всех стандартов оценки уровня владения иностранным языком.

2. Развитие академической мобильности требует рассмотрение обучения иностранному языку в качестве одной из конечных целей иноязычной подготовки в технических вузах в академических целях.

Еще одной немаловажной необходимостью является развитие международного измерения, характеризуемое увеличение европейской составляющей во всех видах деятельности высших профессиональных учебных заведений.

Таким образом, при рассмотрении международного измерения в области образовательной деятельности такая составляющая определяется уровнем межвузовского сотрудничества, разработкой совместных интегрированных учебных программ, курсов, модулей, содержащих компоненты европейского образования Однако, степень успешности внедрения европейского измерения напрямую зависит от уровня овладения участниками образовательного процесса иностранным языком. И хотя не стоит отрицать наличие и других барьеров, носящих объективный характер (законодательный, ресурсный), однако незнание иностранного языка, может стать непреодолимым препятствием даже в случае создания необходимой законодательной базы и выделении требуемых финансовых ресурсов.

Библиографический список

1. Новиков А.М. Российское образование в новой эпохе / Парадоксы наследия, векторы развития. - М.: Эгвес, 2000. – С. 147.

2. Формирование общеевропейского пространства высшего образования: задачи для российской высшей школы / М.В. Ларионова и др. - М.: ГУВШЭ,2004.-524с.

3. Зимняя И.А. Педагогическая психология: учебник для вузов. - Изд. второе, доп., испр. и перераб. - М.: Логос, 2002. - 384 с.

4. Глоссарийтерминов. URL: http // europa.eu.int / comm. / education / programmes / tempus / index_en.html.

5. Вражнова М.Н. Система профессиональной адаптации студентов технических вузов в условиях взаимодействия «вуз-предприятие». - М.: МАДИ (ГТУ), 2003. - 178 с.

6. Кирсанов А.А. Методологические проблемы создания прогностической модели специалиста. - Казань: КГТУ, 2000. - 227 с.

7. Ломов Б.Ф. Методологические и теоретические проблемы психологии. - М.: Наука, 1984. - 444 с.

8. Леонтьев А.Н. Избранные психологические произведения. В 2 т. - М., 1983.

9. Ломов Б.Ф. Методологические и теоретические проблемы психологии. - М.: Наука, 1984. - 444 с.

10. Ломов Б.Ф. Методологические и теоретические проблемы психологии. - М.: Наука, 1984. – С.208.

11. Каган М.С. Человеческая деятельность (Опыт системного анализа).- М.: Политиздат, 1974. - 327 с.

12. Кирсанов А.А. Методологическое обоснование инженерной педагогики как самостоятельной отрасли профессиональной педагогики // Инновации в высшей технической школе России. Вып.1. Состояние и проблемы модернизации инженерного образования / Сб. ст. - М.: МАДИ(ГТУ), 2002, - С. 147-160.

13. Попков В.А., Коржуев А.В. Теория и практика высшего профессионального образования. - М.: Академический проект, 2004. - 428 с.

LINGUISTIC PREPARATION OF STUDENTS AT TECHNICAL UNIVERSITY

I.V. Lavrukhina, I.Sh. Kappusheva

Moscow Technological University, Moscow, Russia
E.mail: oirinav@mail.ru, ines17@mail.ru

Abstract. The diversification of vocational education is considered, where the student acts as the main subject of the pedagogical process, characterizes the level of the formed ability to perform all kinds and forms of professional activity. It is shown that the formation and further development of academic mobility of students, involving diversification of the educational process, requires mandatory introduction of uniform for all standards of assessment of the level of foreign language proficiency.

Keywords. Diversification of vocational education, academic mobility of students, teaching a foreign language.

УДК 372.881.111.1

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ЛИНГВИСТИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ В УСЛОВИЯХ ЕЕ ДИВЕРСИФИКАЦИИ В ВУЗЕ

© Н.В. Катахова

Московский технологический университет, Москва, Россия
e-mail: katakhova @mirea.ru

Аннотация.В статье говорится о том, что в условиях модернизации и интернационализации высшего образования главной задачей образовательной политике МТУ является обеспечение современного качества образования, в том числе и лингвистического. Показано, что организация деятельности МТУ в области иноязычной подготовки проводится на основе диверсификации и подчеркивается, что именно диверсифицированная иноязычная подготовка служит повышению профессиональной компетентности современных специалистов и помогает готовить инженерные кадры новой формации.

Ключевые слова: менеджмент качества, иноязычная подготовка, диверсификация, многоуровневость, модульность, интерактивность, компетентность, технологическое обеспечение

В условиях модернизации и интернационализации высшего образования главной задачей российской образовательной политики является обеспечение современного качества образования на основе сохранения его фундаментальности и соответствия актуальным и перспективным потребностям личности, общества и государства. В данных условиях качественно изменяется представление о вузе как институте образования, его отношениях с государством, усиливается инновационная деятельность, осуществляется и совершенствуется диверсификация вузовского образования. В соответствии с принципами университетской автономии и положениями Болонского процесса ответственность за обеспечение качества высшего образования, в первую очередь, возлагается на сами учебные заведения, что диктует необходимость реализации каждым вузом механизмов гарантии высокого качества образования, включающих планирование качества, обеспечение качества, оценку качества. Оценка качества при этом является существенным компонентом системы его гарантии в вузе.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский технологический университет », миссия которого заключается в решении задач формирования кадрового,

научного, технологического и инновационного потенциала в сфере высоких технологий в интересах развития общества и государства , обеспечения национальной безопасности, а также удовлетворения потребностей личности в профессиональном, интеллектуальном , нравственном и творческом развитии, является носителем лучших традиций Российского инженерного образования, одна из которых – качественное образование.

Политика Университета в области качества заключается в подготовке выпускников и выполнении научных исследований во взаимодействии с базовыми предприятиями в формате учебно-научно-производственного комплекса. Необходимость системы менеджмента качества определяется следующими факторами: автономностью вузов в соответствии с Законом РФ «Об образовании в Российской Федерации»; сокращением ресурсов на образовательную и научную деятельность и достаточно жесткой конкуренцией вузов. Система качества есть система управления вузом на основе требований общепринятых стандартов, которую можно рассматривать как гарантии вуза в области обеспечения качества и достижения поставленных целей. Под менеджментом качества понимают скоординированную деятельность по руководству и управлению организацией применительно к качеству, основанную на сотрудничестве всех работников организации. Применение системы менеджмента качества является стратегическим решением для Университета, которое служит основой для инициатив, ориентированных на его устойчивое развитие.

Типовая модель системы менеджмента качества включает следующие структурные составляющие: а) планирование качества; б) управление качеством; в) обеспечение качества; в)улучшение качества; г) оценка качества.

Под планированием мы понимаем деятельность, направленную на формирование политики, стратегии и связанных с ними целей и требований по вопросу качества образования (в Московском технологическом университете разработанное в соответствии с СМКО МИРЭА 5.1/03 П.01 «Положение о разработке политики и целей в области качества»).

Управление качеством предполагает совокупность видов и методов деятельности образовательного учреждения для выполнения требований к качеству образования.

Обеспечение качества образования трактуется как деятельность образовательного учреждения, направленная на выполнение требований к качеству.

Улучшение качества представляет собой деятельность образовательного учреждения, направленную на улучшение способности выполнять требования к качеству образования. В Московском технологическом университете реализация принципа непрерывного улучшения качества осуществляется посредством реализации основных направлений Программы стратегического развития Университета. Основой для опре-

деления основных направлений развития университета на период до 2020 года является его миссия – создание на базе университета современного образовательного инновационно-предпринимательского , научно-исследовательского и технико-внедренческого комплекса в области приоритетных направлений развития науки, техники и технологии, входящего в число ведущих технических университетов страны, обеспечивающего значительный теоретический и практический вклад в научно-технологическое развитие России.

Оценка качества выступает подтверждением того, что требования к качеству выполнены или не выполнены. В Московском технологическом университете оценка качества подготовки инженерных кадров осуществляется в рамках системы контроля (аудита), основные цели которого являются:

- определение соответствия или несоответствия систем менеджмента качества установленным требованиям и стандартам;

- определение эффективности внедренной системы менеджмента качества с точки зрения соответствия поставленным целям в области постоянного улучшения качества;

- обеспечение возможности проверяемому улучшить свою систему менеджмента на основе полученной информации о действительном положении дел в системах менеджмента.

В рамках стратегии университета, в общих чертах представленной выше, качество лингвистической подготовки студентов приобретает особую актуальность. Организация деятельности МТУ в области иноязычной подготовки проводится на основе диверсификации, то есть дополнительности или приобретения доли участия в другой деятельности, характеризуемой следующими основными принципами:

- принцип соответствия - удовлетворение потребности в выпускниках, способных решать комплексные задачи современного производства;

- принцип качественного образования – необходимость повышения качества общеобразовательной и профессиональной подготовки в образовательных учреждениях и уровня требований к квалификации профессиональных кадров;

- принцип личностной направленности – удовлетворение потребности личности в многообразии образовательных услуг;

- принцип свободы выбора – расширение свобод образовательных учреждений в предоставлении образовательных услуг.

Признаками диверсификации в образовании являются: межпредметная интеграция - взаимодействие знаний, результатом которого является получение нового знания; вариативность, многоуровневость, возможность образования новыми технологиями.

Диверсификация образования вообще и лингвистического, в частно-

сти, рассматривается как одно из наиболее влиятельных условий повышения качества подготовки специалистов, их профессионального соответствия, готовности к решению профессиональных задач, способности адаптироваться к новым условиям и быть конкурентоспособными.

Сегодня потребность личности в диверсифицированном образовании можно рассматривать как необходимое условие развития и самого субъекта образования, и системы образования в целом.

Профессионально-образовательные потребности современных специалистов инженерных отраслей разнообразны по содержанию, что позволяет говорить о диверсификации предметной подготовки.

Диверсификация лингвистической подготовки студентов в техническом вузе позиционирует в качестве инструментария для достижения карьерных намерений, повышения статуса, получения дополнительных материальных благ и др. Она отражается в стремлении обучающегося овладеть новой информацией ради собственного развития, удовлетворения потребности и интереса в новом знании и, следовательно, представляя собой определенную ценность, способствует формированию индивидуального стиля деятельности, что позволяет личности в соответствии со своими возможностями и способностями выстроить индивидуально-образовательную траекторию.

Еще раз подчеркнем, что диверсификация лингвистической подготовки востребована специалистом с высшим техническим образованием в целях личного и профессионального развития, смены рода занятий, овладения широкопрофильной квалификацией в соответствии с предложением и спросом на высококвалифицированные кадры.

Именно диверсифицированная лингвистическая подготовка помогает готовить инженерные кадры, умеющие адаптироваться к изменениям на рынке труда, содействует жизненному и профессиональному самоопределению, профессионально-личностному развитию специалиста. Приоритетная роль диверсификации лингвистической подготовки в университетском кластере – повышение профессиональной компетентности современных специалистов.

Диверсифицированность языковой подготовки инженеров в МТУ выражается в использовании интерактивных технологий, на основе которых реализуется обучение иностранному языку с учетом уровня владения языковой компетентностью, спецификой профессиональной подготовки будущего специалиста. Эти технологии сопряжены и взаимосвязаны с технологиями будущей профессиональной деятельности.

Обучение иностранному языку будущих специалистов инженерных профессий в МИРЭА строится на диверсификационной основе, заключающейся в том, что студенты обучаются языку каждодневного общения, языку специальности и делового общения в рамках программы «Переводчик в сфере профессиональной коммуникации» на основе параллельной схемы подготовки

профессиональных кадров, заключающейся в одновременном изучении двух программ (базового образования и дополнительного). При успешном завершении слушателем программы профессиональной переподготовки присваивается квалификация «переводчик в сфере профессиональной коммуникации»), а также по программам подготовке к сдаче международных сертифицированных экзаменов; в рамках краткосрочных спецкурсов, посредством участия в международных интернет-проектах, международных студенческих конференциях и круглых столах (не реже двух раз в год), организуемых Академией труда и социальных отношений, где студенты и аспиранты выступают с докладами по широкому кругу социальных и экономических проблем принимают участие в кейс-проектах. Такая диверсифицированность направлена на подготовку инженера новой формации, способного к непрерывному образованию, самосовершенствованию, саморазвитию, готового и способного к адекватному социальному взаимодействию в ситуациях межкультурного профессионального общения, в том числе и на иностранных языках. Следует также отметить, что подобная диверсифицированность формирует прочную основу для непрерывной лингвистической подготовки в университетском комплексе и обусловлена необходимостью оперативно удовлетворять потребности отдельной личности и общества в образовательных услугах в сфере подготовки специалистов инженерных профессий, владеющих иностранными языками в достаточной степени для восполнения государства и социума в такого рода специалистах как на внутреннем рынке труда, так и на международном. Диверсифицированность лингвистической подготовки, несомненно, повышает престиж учебного заведения; создает условия для профессионального роста как обучаемых, так и обучающих; способствует интенсивному и своевременному обновлению организационных форм и технологий обучения; содействует в создании вариативных адаптивных образовательных траекторий как для формирования личности обучающегося, так и диверсифицированных конкурентоспособных векторов самого университетского кластера.

Одной из тенденций диверсификации языковой подготовки является дифференциация контингента обучающихся, то есть деление студентов на уровни и подуровни (внутри групп) владения ими языковыми компетенциями, что необходимо для дальнейшего определения содержания дифференцированной работы преподавателя, которая строится на принципах персонификации, многоуровневости и, как результат, не может не требовать диверсифицированных учебных программ и курсов с соответствующим методическим наполнением, тесно связанным с профессионально –ориентированными курсами и программами. Отсюда сущностными характеристиками диверсифицированной лингвистической подготовки в университетском кластере выступают: многоуровневость, модульность, вариативность, интерактивность, гибкость и полифукциональность. При этом профессионально – образова-

тельные технологии сопряжены и взаимосвязаны с технологиями обучения иностранному языку, а интеграция профессиональных, лингвистических и социокультурных компетенций интерпретируется как реализация диверсификационной компоненты в образовательном процессе вуза.

Кафедры иностранных языков в университетском кластере организуют свою работу, руководствуясь Государственными образовательными стандартами и иными нормативными документами Министерства образования, которые являются основой предметной подготовки, и реализует их через программы и планы на основе модульного подхода, дифференцируя процесс обучения в зависимости от уровня знаний, умений, навыков студентов, их потребностей и желаний, соотношения предметной подготовки и социально-культурной компетентности, поскольку соблюдение этих требований является существенным условием аттестации и аккредитации университета.

Итак, диверсификация лингвистической подготовки в техническом университете будущих специалистов востребована прежде всего студентами в целях личного и профессионального развития, смены рода занятий в соответствии с предложением и спросом на высококвалифицированные кадры, она содействует жизненному и профессиональному самоопределению, способствует повышению профессиональной компетентности современных специалистов.

Диверсифицированность лингвистической подготовки в университете проявляется и в программно-методическом обеспечении учебного процесса, которое может различаться по целевой направленности и содержанию, а также по уровню сложности (низкий, средний, высокий). Учебно-методические указания и учебные пособия, авторами которых являются преподаватели кафедр иностранных языков, структурированы с учетом определенной языковой направленности, а именно: для общих целей, для профессиональных, для магистрантов и аспирантов в соответствии с требованиями направлений подготовки и потребностями самих обучаемых и на основе компетентностного и личностно-ориентированного подходов. Данные пособия и методические указания нацелены на овладение коммуникативными компетенциями на уровне B1/B2 (по общеевропейской шкале); гармоничное развитие навыков всех видов речевой деятельности (говорение, аудирование, чтение и письмо);служат дополнительным ресурсом к базовым учебным пособиям, которые, как показывает практика, страдают некоторыми недостатками, а именно: быстрым устареванием текстовой базы, низким уровнем коммуникативной направленности, недостаточно глубокой разработанностью заданий, направленных на формирование навыков общения, однообразием и низким развивающим потенциаломзаданий лексического уровня. С целью устранения выявлен-

ных недостатков, с позиций компетентностного и личностно-ориентированного подходов была разработана концепция многоуровневого УМК по иностранному языку для студентов, магистров и аспирантов неязыковых специальностей, которая учитывает не только специфику будущей профессиональной, но и учебной деятельности студентов, а также отражает требования, предъявляемые к уровню владения иностранным языком в современном обществе.

Именно диверсифицированность служит показателем ценностно-смыслового единства администрации, преподавателей и студентов университетского кластера в вопросах управления качеством функционирования всей образовательной системы вуза в целом и управления качеством лингвистической подготовки, в частности.

Мы считаем, что важным фактором, обусловливающим управление качеством лингвистической подготовки студентов в целом, является действующая в вузе система многоуровневой языковой подготовки, основанной на трех основных компонентах: содержание языковой подготовки, которое представлено соответствующим программно-методическим обеспечением, совокупностью технологий обучения и самообучения, мониторингом студенческих достижений в зависимости от стартового уровня владения языком. Программно - методическое обеспечение качества многоуровневой подготовки специалистов по иностранным языкам включает:

многоуровневые программы курса английского языка (уровень подготовки бакалавров/дипломированных специалистов, магистров, аспирантов; курсов элективного и углубленного изучения английского языка, в том числе по программе подготовки переводчиков в сфере профессиональной коммуникации, а также подготовка к сдаче экзаменов на международные сертификаты);

• календарно-тематические планы работы преподавателей, построенные по модульному принципу;

• учебно-тематические планы работы студентов (с указанием количества занятий и учебных часов в каждом модуле, названием тем, кодов рекомендуемой литературы, форм контроля);

• перечень рекомендуемой литературы, учебных материалов (включая мультимедийные программы, аудио и видеокурсы), а также список Интернет-сайтов, рекомендуемых для самостоятельной работы студентов;

• методические рекомендации и план самостоятельной работы студентов (с указанием тем, количества учебных часов, отводимых на их изучение, кодов рекомендуемой литературы, форм контроля);

• методические материалы для самоконтроля студентов (тестовые задания с ключами для проверки: грамматические и лексические, на проверку навыков чтения, перевода, письма и аудирования; все задания градуи-

рованы по степени языковой трудности, что позволяет реализовать принцип автономности в обучении иностранному языку);

• методические материалы для контроля знаний студентов, предназначающиеся для использования преподавателем (контрольные и тестовые задания входного, текущего, промежуточного и итогового контроля результативности изучения иностранного языка);

• зачетные и экзаменационные требования (уровень подготовки бакалавров/дипломированных специалистов, магистров); программы государственного экзамена (уровень подготовки переводчиков в сфере профессиональной коммуникации) и кандидатского экзамена (уровень подготовки аспирантов); критерии оценки знаний и коммуникативных компетенций, разработанные в соответствие с видами речевой деятельности;

• раздаточные материалы, наглядные пособия, аудио- и видеоматериалы.

Все разработанные материалы доступны как в печатном, так и в электронном виде.

В основу процесса управления качеством лингвистической подготовки положена модель иноязычной компетенции, структурными составляющими которой являются овладение иностранным языком как средством межкультурного общения, личностного развития и самореализации, так и потребностям рынка труда в специалистах, готовых к продолжению своего образования и профессиональной деятельности в иноязычной среде. При этом общей целью обучения иностранным языкам в неязыковом вузе является формирование иноязычной компетенции, понимаемой как способность эффективно применять языковые нормы и модели в большинстве ситуаций повседневного бытового, учебного и профессионального общения.

В этой связи, стоит также отметить, что технологическое обеспечение процесса обучения иностранному языку построено на основе оптимального сочетания когнитивных, коммуникативных и рефлексивных методов обучения, реализующихся на платформе личностно-ориентированного образования. Общей особенностью применения этих методов в контексте парадигмы личностно-ориентированного образования является обращенность к индивидуальным интересам и потребностям каждого студента, предоставление ему широкой самостоятельности в выборе индивидуального стиля обучения, опора на его самооценку и рефлексию учебных достижений.

Качество преподавания иностранных языков в МТУ обеспечивается также и системой повышения квалификации как внутри-, так и вне вузовской, включающие разные формы повышения профессиональной компетентности преподавателей.

Управление качеством лингвистической подготовки студентов в условиях ее диверсификации в вузе осуществляется в контексте реализации со-

временных подходов к оценке учебных достижений учащихся. При этом выделяются три вида оценивания: система оценивания, определяющая всю совокупность диагностических процедур и интерпретации получаемых результатов; единовременная оценка, представляющая специально организованное диагностическое исследование учебных показателей; тестирование, предполагающее использование стандартизированных диагностических средств. Кроме этих видов оценивания вузовские системы мониторинга качества языковой подготовки должны выстраиваться на основе принципов открытости, доступности, системности и регулярности обновления. Вся представленная в них информация должная соответствовать характеристикам трех видов:

- уровень знаний студента - его оценки по всем видам традиционных аттестаций;

- степень практической подготовленности студента к решению коммуникативных задач (бытовых, образовательных, профессиональных и др.) с использованием иностранного языка (например, написание письма, заявки, резюме, статьи, доклада и т.п.);

• документальное подтверждение самостоятельного решения студентами реальных профессионально или образовательно-значимых задач с использованием иностранного языка (сертификаты, удостоверения, программы конференций, призовые места, занятые на олимпиадах и конкурсах, участие в международных проектах и др.)

Подводя итог сказанному, следует отметить, что управление качеством лингвистической подготовки студентов в условиях ее диверсификации в инновационном университетском кластере носит системный характер, неотъемлемыми частями системы являются соответствующее программно-методическое обеспечение, разработанное на платформе личностно-ориентированного образования, технологическое обеспечение процесса обучения, построенное на основе совокупности технологий обучения и самообучения, а также мониторинг студенческих достижений в зависимости от их стартового уровня владения языком. Результатом такого системного подхода должны стать повышение конкурентоспособности выпускника; развитие его социальной, профессиональной мобильности и научно-исследовательской компетентности. Принцип же диверсифицированности в образования вообще и в лингвистическом, в частности, выступает в качестве ведущего условия современного развития высшей школы и является объективной тенденцией ее функционирования, базирующейся, прежде всего, на образовательных потребностях и интересах населения, имеющихся у него возможностях и соответствующих запросах его различных социальных слоев.

Библиографический список

1.Катахова Н.В. Научно-педагогическое проектирование диверсифи-

цированного подхода к предметной подготовке современного инженера. //INTERMATIC– 2009 Материалы Международной научно-технической конференции «Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения» 7-11 декабря 2009 г., Москва, М: Энергоатомиздат, 2009. Ч.3. – С. 225-228.

2.Чернова Н.И., Катахова Н.В. Формирование медиакоммуникативной компетентности в системе предметной подготовки профессиональных кадров в техническом университете. //Мир образования – образование в мире. Научно-методический журнал №4 (52) М: МПСУ, 2013. - С.153-160.

3.Чернова Н.И., Катахова Н.В. Дидактическое обеспечение компетентностно-ориентированной лингвистической подготовки инновационных инженерных кадров в современном университетском кластере.//Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения. Материалы Международной научно-технической конференции INTERMATIC-2015. В 5 ч. Ч.1 – 2016. –С. 279-282

4.Прокопов Н.И., Хомутова Е.Г., Богданова М.В. Система менеджмента качества.// Учебное пособие М: МГТУ МИРЭА, 2017. С.36.

QUALITY MANAGEMENT OF STUDENTS' FOREIGN LANGUAGE TRAINING WITHIN ITS DIVERSIFICATION IN UNIVERSITY

© N.V. Katakhova

Moscow technological University, Moscow, Russia
e-mail: katakhova@mirea.ru

Abstract. It is said in the paper that in the conditions of modernization and internationalization of higher education, the main objective of the educational policy of MTU is to ensure the modern quality of education, including the linguistic one. It has been shown that the MTU activities in the field of foreign language training are carried out on the basis of diversification. The author also emphasizes that it is the diversified foreign language training that serves to enhance the professional competence of modern specialists and helps to train the engineering staff of the new formation.

Key words. Quality management, foreign language training, diversification, multi-level system, modularity, interactivity, competence, technological support

УДК 372.881.111.1

ФОРМИРОВАНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ БУДУЩИХ ИНЖЕНЕРОВ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ ИНОСТРАННОМУ ЯЗЫКУ

©Нанай Ф.А., Катахова Н.В.

Московский технологический университет, Москва, Россия
e-mail: katakhova@mirea.ru

Аннотация. В статье говорится о необходимости и значимости включения компетентностного подхода в языковую подготовку специалистов в системе высшего профессионального образования. Показано, что данный подход позволяет обеспечить формирование как общекультурных, так и профессиональных компетенций. Доказано, что лингвистическая компетенция входит составной частью в структуру профессиональной компетентности специалиста, так как способствует развитию основных компетенций, на которых базируется профессиональная компетентность выпускника вуза.

Ключевые слова: Образовательная парадигма, компетентностный подход, компетенция, профессионально ориентированная языковая подготовка, методика, профессионально ориентированная коммуникация.

В настоящее время границы государств более не являются преградой для активного общения профессионалов, а обмен информацией и опытом стали необходимым условием продуктивной и эффективной работы, а знание иностранного языка становится нормой и условием для получения престижной и хорошо оплачиваемой работы.

Основная цель профессионального образования заключается в подготовке квалифицированного специалиста соответствующего уровня и профиля, компетентного, свободно владеющего своей профессией и ориентирующегося в смежных областях деятельности, способного и готового к постоянному профессиональному росту, социальной и профессиональной мобильности.

Портрет современного профессионала невозможно себе представить без слияния гуманитарного и технического знаний в целях обеспечения гармоничного развития его личности.

В настоящее время тема компетентностного подхода в системе высшего технического образования становится принципиально важной и активно обсуждаемой, что связано с тем, что она включает новую образовательную парадигму, вектор которой направлен в сторону гуманизации. Современная образовательная парадигма определила необходимость включе-

ния компетентностного подхода в подготовку специалистов в системе высшего профессионального образования, который, прежде всего, направлен на повышение конкурентоспособности специалистов на рынке труда.

Компетентностный подход в корне меняет традиционное представление о подготовке специалиста технического вуза как о простой передаче ему определенной суммы знаний. Качество и эффективность подготовки будущего специалиста определяется сформированностью компетенций, в том числе гуманитарных, которые могут быть обеспечены наличием языковых, культурологических, страноведческих, социокультурных знаний на основе компетентностного подхода в обучении. Разработчиками Федеральных государственных образовательных стандартов (ФГОС) третьего поколения одной из обязательных общекультурных компетенций признано владение иностранным языком. Для бакалавриата (ОК-5) выпускник независимо от профиля подготовки должен быть способен к коммуникации в устной и письменной формах на русском и иностранном языках для решения задач межличностного и межкультурного взаимодействия; для магистратуры (ОК-3)выпускник независимо от профиля должен свободно пользоваться русским и иностранным языками как средством делового общения. Следовательно, целями курсов английского языка в непрофильном бакалавриате и непрофильной магистратуре должны выступать развитие и углубление профессионально ориентированной языковой компетенции, так как в настоящее время выпускникам неязыкового профиля иностранный язык необходим, прежде всего, для более глубокого освоения специальности и для практического использования в профессиональной деятельности и повседневном деловом и личном общении. Поэтому актуальной задачей обучения иностранному языку в неязыковых вузах является формирование у студентов умений использовать иностранный язык для практической работы по специальности, для повышения своего профессионального уровня, продвижения по карьерной лестнице и достижения профессиональных целей, осуществления эффективной деловой и межличностной коммуникации. Высокий уровень владения как иноязычной компетенцией, так и профессиональными компетенциями позволит будущим специалистам уверенно чувствовать себя в изменяющихся условиях глобализирующегося мира, анализировать ситуации, возникающие в профессиональной деятельности, критически осмысливать и находить целесообразные решения профессиональных задач, владеть коммуникативными навыками и культурой делового и профессионального, в том числе и иноязычного, общения. Все вышесказанное будет способствовать также росту конкурентоспособности выпускников и, как следствие, их востребованности на российском, европейском и мировом рынках труда. В связи с вышесказанным перед разработчиками УМК Московского технологического университета стояла задача их составления на основе модульного подхода, который, как мы считаем, является наиболее эффективным и позволяет

учитывать потребности различных направлений подготовки. Именно модульный подход позволяет достаточно легко в будущем проводить модернизацию самих программ, то есть сокращать, расширять их или вносить в них дополнения или изменения в зависимости от учебного плана. Программы нацелены на закрепление, развитие и совершенствование наиболее важных языковых аспектов, таких как чтение, аудирование, говорение, перевод и письмо для бакалавров и специализированная деловая лексика и грамматика, которые необходимы для совершенствования профессионально ориентированной языковой компетенции магистров, включающей составление резюме, рекомендации, сопроводительного письма для приема на работу; обучающиеся знакомятся с правилами поведения на собеседовании и закрепляют их в ролевых играх, презентациях. Большое внимание уделяется подготовке речи для самопрезентации работодателям. При работе над лексикой особое внимание обращается на лексические средства делового общения (его лексико-фразеологические нормы, стандартные языковые клише и др.) и профессионального общения (подъязык профессионального общения), что необходимо для чтения деловой корреспонденции, оформления деловых документов и написания писем на иностранном языке, а также для ведения деловых переговоров и составления контрактов. Работа с иноязычной литературой по направлению подготовки способствует углублению знаний в избранной студентами научной области. В данном случае иностранный язык выступает и объектом изучения и средством совершенствования профессиональных компетенций.

Вузовская профессионально-ориентированная языковая подготовка студентов технических специальностей должна не только формировать языковые навыки и развивать коммуникативные умения, но и способствовать развитию профессиональных компетенций за счет усиления межпредметных связей и моделирования ситуаций профессионального общения.

Иноязычная компетенция, как одна из ключевых компетенций, представляется нам в виде системы языковых знаний, умений и навыков, позволяющих выпускнику неязыкового вуза порождать правильную в языковом плане и терминологически насыщенную речь.

Особенности выстраивания педагогических целей по развитию компетенций состоит в том, что они формируются не в виде действий преподавателя, а в логике достижения результатов деятельности самого обучаемого. Следовательно, одним из прогрессивных посылов современного процесса обучения служит организация учебного процесса таким образом, чтобы обучаемый мог сам брать знания, то есть правильно действовать: мыслить, предсказывать результаты деятельности, сопоставлять их с полученными результатами, делать выводы, при этом роль обучающего заключается в направлении и корректировке процесса мышления и действия обучающихся, ориентируя их на мыслительные поиски.

В ходе проведенного исследования было доказано, что лингвистическая компетенция входит составной частью в структуру профессиональной компетентности специалиста, так как способствует развитию основных компетенций, на которых базируется профессиональная компетентность выпускника вуза, а именно: общекультурной, коммуникативной и информационной, которые могут формироваться лишь в контексте становления и реализации профессионально ориентированной иноязычной компетенции.

В ходе исследования было также выявлено, что уровневые характеристики лингвистической компетенции студентов инженерного профиля коррелируют с уровнем готовности к межкультурной коммуникации. Иноязычная профессионально ориентированная коммуникативная компетенция, на наш взгляд, является основополагающей при обучении иностранному языку будущих инженеров. Новые требования программы Госстандарта предполагают применение более эффективных методов обучения иностранному языку. Поэтому в настоящее время преподавателям иностранных языков следует использовать оптимальные методики, формы и средства обучения, которые позволили бы достичь студентам уровня владения языковыми компетенциями, а также развить умения и навыки мыслительной деятельности и самостоятельной научно-исследовательской работы.

Применение методики профессионально-ориентированного интерактивного чтения с предтекстовой и послетекстовой работой, которая предполагает выборочный перевод, изучение лексики, выбор правильного/ неправильного варианта высказывания, диалоги, пересказы, аннотации и рассматривается в качестве информативной компоненты, которая нацеливает на использование различных информационных источников, как печатных, так и электронных, а значит, способствует и развитию компьютерных компетенций, что служит доказательством наличия тесной связи между профессиональными и лингвистическими компетенциями.

Практика интерактивного чтения развивает навыки и умения компрессии текста, написания резюме, эссе, обзора, отчета и т.д. Профессионально ориентированное чтение также способствует развитию у студентов навыков извлечения текстовой информации, усвоению приемов извлечения информации из текста, усвоению языковых форм, заложенных в тексте.

Подготовка к устной профессионально ориентированной коммуникации может быть реализована при помощи кейс-метода (метод ситуативного обучения), отличительной особенностью которого является создание проблемной ситуации. Метод кейс-стади относится к числу наиболее эффективных методик обучения иностранному языку. Его сущность заключается в самостоятельной иноязычной деятельности обучаемых в искусственно созданной профессиональной среде, которая даёт возможность соединить воедино теоретическую подготовку и соответствующие компетен-

ции, необходимые для творческой деятельности в профессиональной сфере. Обучаемым предлагается осмыслить ситуации профессиональной деятельности, которые предусматривают необходимость решения проблемы, в процессе разрешения которой обучаемые актуализируют необходимый для этого комплекс усвоенных знаний, умений, навыков и компетенций.

Метод кейс-стади – это метод активного обучения на основе реальных ситуаций. Следует отметить, что этот метод направлен не столько на освоение конкретных знаний, умений и навыков, сколько на развитие общего интеллектуального и коммуникативного потенциала студентов. Этот метод помогает студентам сформировать поведенческий механизм собственной деятельности в реальной жизненной ситуации, а не просто решать сложную задачу. Кейс- метод в плане изучения иностранного языка, несомненно, повышает уровень знания иностранного языка. Использование терминов и их понимание более эффективно, чем простое их заучивание, так как требует умения их использовать; развивает творческое мышление, заставляя думать на языке; развивает навыки проведения презентации, учит формулировать различные типы вопросов; развивает умение вести дискуссию, аргументировать ответы, что способствует развитию коммуникативной компетенции; учит работать в команде и вырабатывать коллективное решение; позволяет полноценно решить индивидуальную и групповую самостоятельную работу обучающихся. Роль преподавателя заключается в поощрении и всяческой поддержке обучающихся на участие в обсуждении проблемной ситуации, сопоставлении высказанных умозаключений, сделанных выводов и подведении обучающихся к осознанию того, что нет и не может быть одного единственно правильного ответа. В ходе проведенного исследования было доказано, что метод кейс-стади предоставляет отличную возможность творчески применять пройденный языковой материал на базе своих профессиональных знаний и позволяет адаптироваться к реальным и потенциально возможным ситуациям, завоевывает позитивное отношение со стороны студентов, которые видят в нем возможность проявить инициативу, почувствовать самостоятельность в освоении теоретических положений и овладении практическими навыками. Не менее важным оказалось то, что такие занятия служат мощным фактором воздействия на профессионализацию обучающихся, способствует их взрослению, формируют интерес и позитивную мотивацию к учебе.

Метод проектов или метод проектной технологии является одним из эффективных и оптимальных методов решения поставленных задач, так как проектная деятельность, как нельзя лучше, отвечает требованиям компетентностного подхода к обучению иностранному языку, который способствует развитию у обучаемых трех основных качеств: умение работать с различными источниками информации, умение работать в группе и умение работать самостоятельно. В основу метода проектной

технологии положена значимая в исследовательском плане проблема, которая ставится перед группой студентов. Каждый в группе вносит свой вклад в решение этой проблемы. Студенты самостоятельно готовят выступления-презентации как на темы, повышающие их общий уровень мировоззрения, так и на профессиональные темы. Подобный инновационный подход направлен на развитие творчества, активной самостоятельности обучаемых, на то, чтобы научить их не просто запоминать, а уметь применять на практике полученные знания, расширять, совершенствовать и углублять эти знания [2]. Задание проекта обязательно ориентировано на получение конкретного результата и включает исследовательский элемент. Оно дается, как правило, в конце изучения определенной темы. Работая над проектами, студенты учатся самостоятельно получать знания, приобретают исследовательские навыки ориентирования в потоке информации, что весьма важно для их будущей профессии. Они учатся рассуждать, анализировать, обобщать, видеть тенденции, сопоставлять факты, делать выводы и заключения. Эффективность использования проектного метода в практике обучения иностранному языку высока по всем видам деятельности: увеличивается скорость чтения, улучшается качество перевода текста, совершенствуются умения устной и письменной речи, расширяется кругозор, развиваются коммуникативные навыки и стремление самостоятельно получать и использовать новые знания и, конечно же, закрепляются и расширяются профессиональные знания. Для решения проблем, поставленных в рамках подготовки проекта, студенты имеют также возможность на практике использовать знания по смежным и специальным дисциплинам. Выполнение задания проекта дает также обучающимся возможность почувствовать, что иностранный язык – это не только цель обучения, но, прежде всего, средство общения. Кроме того, работая с иноязычным языковым материалом, студенты совершенствуют иностранный язык, а также закрепляют и приобретают новые знания по своей будущей специальности.

Метод проектной технологии и метод кейс-стади связаны с работой над иноязычным языковым материалом, в процессе которой совершенствуется не только иностранный язык, но и углубляются профессиональные знания, что способствует овладению общекультурными и профессиональными компетенциями, предписанными стандартами высшего профессионального образования.

Таким образом, следует еще раз подчеркнуть, что лингвистическая подготовка студентов технических специальностей, выстраиваемая на основе компетентностного подхода, позволяет обеспечить следующие общекультурные и профессиональные компетенции:

- Способность к устной и письменной коммуникации на родном языке, т.е. умение логически, аргументировано, верно и ясно строить устную и письменную речь, и готовность к использованию одного из иностранных

языков;

- Способность свободно пользоваться русским и иностранным языками как средством делового общения;

- Способность и готовность анализировать научно-техническую информацию, изучать отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования.

Библиографический список

1.Федеральный Государственный Образовательный Стандарт Высшего Образования.

2.Чернова Н.И., Катахова Н.В. Дидактическое обеспечение компетентностно-ориентированной лингвистической подготовки инновационных инженерных кадров в современном университетском кластере.//Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения. Материалы Международной научно-технической конференции INTERMATIC-2015. В 5 ч. Ч.1 – 2016. –С. 279-282.

3. Чернова Н.В., Катахова Н.В. Технологический потенциал «Кейс-стади» в формировании и развитии мыслительно-аналитических, лингвистических, коммуникативных и профессиональных компетенций. // Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения. Материалы Международной научно-технической конференции INTERMATIC-2015. В 5 ч. Ч.1 – 2016. –С. 282-285.

FORMATION OF FUTURE ENGINEERS PROFESSIONAL COMPETENCIES IN THE FOREIGN LANGUAGE TRAINING PROCESS

© F.A.Nanay, N.V. Katakhova
Moscow technological University, Moscow, Russia
e-mail: katakhova@mirea.ru

Abstract. The article contextualizes the role of the competence approach in specialists' language training in the system of higher professional education. It has been demonstrated that this approach allows ensuring the formation of both general cultural and professional competences. It has also been proved that the linguistic competence is an integral part of the professional competence of a specialist, since it promotes the development of the core competencies on which the professional competence of a graduate is based.

Keywords: Educational paradigm, competence approach, professionally oriented foreign language training, methodology, professionally oriented communication.

УДК 316.354

ДИНАМИКА ЦЕЛЕВОГО НАБОРА В МИРЭА (НА ПРИМЕРЕ ПРЕДПРИЯТИЯ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ)

С.В.Колударова

АО «Российские космические системы», Москва, Россия
e-mail: 0041164@spasecorp.ru

Аннотация: Анализируется целевой набор как основа государственной программы привлечения молодых кадров в организации ОПК. Сравниваются содержательные аспекты сайтов вузов и информационных порталов по целевому набору. Определяется динамика целевого набора в различные технические университеты за период 2015-2017 для АО «Российские космические системы». Основной акцент уделяется тенденциям динамики целевого набора в МИРЭА, а также анализу позиций вуза в рейтинге лучших вузов России.

Ключевые слова: целевой набор, высшее образование, рейтинг вузов, подготовка кадров, ракетно-космическая отрасль

В настоящее время технические университеты активно задействованы в реализации программ подготовки кадров для оборонно-промышленного комплекса, одним из направлений которых является целевой набор. Целевой набор составляет основу государственной программы привлечения молодых кадров на предприятия ОПК в рамках разработанного Правительством РФ постановления «О государственном плане подготовки научных работников и специалистов для организаций ОПК». Он активно позиционируется на сайтах технических вузов в разделе «абитуриентам» с перечнем предприятий ОПК, участвующих в программе целевого набора, информацией об их деятельности и специальностях, по которым ведется набор каждым из предприятий.

1. Информационно-содержательные аспекты целевого набора

Наиболее полная информация о целевом наборе представлена на сайте МГТУ им. Н.Э.Баумана. Она включает в себя преимущества целевого набора, его правовые особенности, культурные мероприятия в рамках целевого набора (например, экскурсии на предприятия ОПК), а также предложения организаций по целевому набору и ответы на наиболее часто задаваемые вопросы. При этом информация по целевому набору система-

тизирована по всем уровням образования: специалитет, бакалавриат, магистратура, аспирантура.

Также интересна информация по целевому набору, размещенная на сайте МИРЭА. Она включает в себя презентацию целевого набора в вузе с графическим изображением перечня организаций и специальностей, механизмы поступления по целевому набору и по общему конкурсу, а также краткая информация о предприятиях – партнерах Московского технологического университета. Однако последний раздел представлен не по всем 37 предприятиям – партнерам, перечисленным на сайте (в том числе, нет информации по АО«Российские космические системы», далее АО «РКС»).

Также существует информационный интернет-портал «Кадры для ОПК России», на котором кроме материалов о карьере и преимуществах работы в оборонно-промышленном комплексе России размещен раздел о целевом обучении студентов. Информация данного раздела акцентирует внимание на образовательных, социальных и юридических аспектах целевого обучения. При этом портал ориентирован на молодое поколение, так как он помогает молодежи определиться с выбором вектора профессионального развития и сделать первые шаги на пути к своей карьере.

Предприятия ракетно-космической отрасли подведомственны Государственной корпорации по космической деятельности«Роскосмос», в которую в соответствии с Указом Президента РФ от 12 мая 2016 года № 221 входят 62 предприятия, из которых в Москве расположены 25 организаций, в Московской области – 7, в других регионах России – 30[2]. Более половины организаций участвуют в программе целевого приема, в том числе, и АО «РКС».

Целевой набор позволяет, с одной стороны, целенаправленно заинтересовывать студента в перспективе получения знаний и, как итог, защите дипломного проекта по тематике конкретной организации и в ее интересах. С другой стороны, удовлетворяются потребности организации в молодых специалистах. Например, в АО «РКС» только 20% от общей численности работников составляли работники в возрасте до 30 лет по состоянию на 31 декабря 2014 года, поэтому одной из актуальных задач кадровой политики является омоложение коллектива, одним из решений которой является целевой набор выпускников школ.

2. Динамика целевого набора от АО «РКС»

Отдел обучения и развития персонала АО «РКС» активно сотрудничает с ведущими техническими вузами Москвы в области целевой подготовки специалистов, среди которых МГТУ им. Н.Э.Баумана, МФТИ,

МИФИ, МИРЭА, МАИ, МЭИ, МИИГАиК. Анализ динамики сотрудничества строился на основе утвержденных Роскосмосом контрольных цифр целевого приема в каждый вуз по программам специалитета и бакалавриата. По результатам анализа выявлено, что динамика сотрудничества компании по вопросу целевого набора с семью техническими вузами за период 2015-2017 достаточно подвижна (рис. 1).

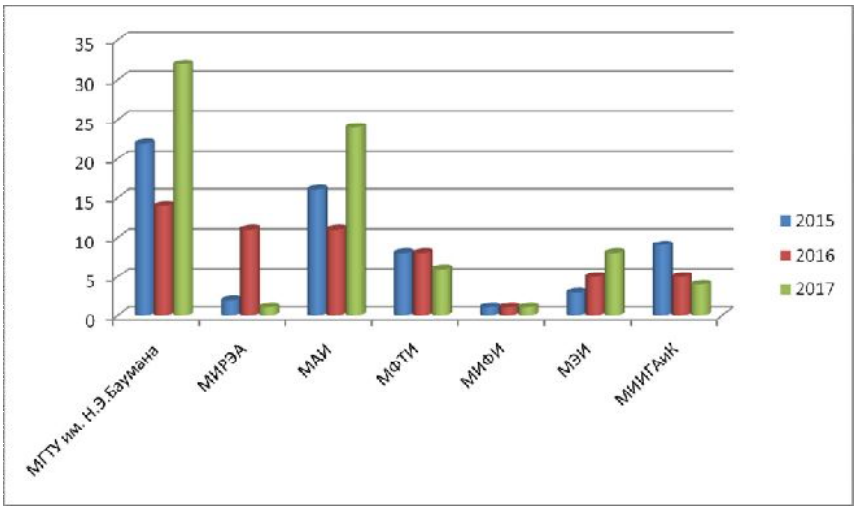


Рис. 1. Динамика целевого набора за период 2015-2017
(количество человек)

Как видно из диаграммы, можно выделить следующие тенденции динамики целевого набора специалистов и бакалавров от АО «РКС» в технические университеты Москвы:

- Тенденция неравномерного спада и подъема количества мест: прослеживается в отношении МГТУ им. Н.Э.Баумана и МАИ, когда наблюдался спад в 2016 году и подъем в 2017 году. При этом средний показатель спада составил 33,7%, а подъем характеризуется увеличением количества мест в 2,3 раза в МГТУ им. Н.Э.Баумана и в 2,2 раза в МАИ.

- Тенденция резкого подъема и спада: характерна только для МИРЭА, когда в 2016 количество мест целевого приема возросло в 5,5 раз, а в 2017 году их число снизилось до уровня 2015 года.

- Тенденция равномерного подъема: наблюдается в отношении МЭИ, при которой каждый год количество мест увеличивалось, в среднем, на 63,3%.

- Тенденция равномерного спада: характерна для МФТИ и МИИГАиК, когда в 2017 году количество мест в обоих вузах уменьшилось, в среднем, на 22,5% по сравнению с 2016 годом. При этом уменьшение мест в 2016 году характерно только для МИИГАиК и составило 44,4%.

- Тенденция стабильности: относится к МИФИ, когда на протяжении всех трех лет нет изменений в количестве мест целевого набора.

3.Позиции МИРЭА по целевому набору и в рейтинге вузов России

Если сравнить 2016 и 2017 годы, то наиболее негативной является динамика целевого набора в МИРЭА, при этом и количество мест в данный университет в 2015 и 2017 годах было самым наименьшим после МИФИ.В отношении направлений подготовки целевого набора от АО «РКС» следует отметить, что постоянным направлением подготовки на протяжении трех лет является «стандартизация и метрология». В 2016 году, кроме данного направления подготовки, организовывался целевой набор еще по 2 направлениям подготовки бакалавриата («инфокоммуникационные технологии и системы связи», «приборостроение»), 1 направлению подготовки магистратуры («нанотехнологии и микросистемная техника») и 1 специальности («информационная безопасность телекоммуникационных систем»).

Резкие изменения динамики целевого набора в МИРЭА обусловлены, главным образом, потребностью компании в подготовке кадров в рамках государственного плана для организаций ОПК. Каждый год утверждаются контрольные цифры приема в технические вузы по различным специальностям в интересах предприятия, и в плане 2018 года спрогнозировано увеличение целевых мест в МИРЭА до 23, что перемещает его на второе место после МГТУ им. Н.Э.Баумана по количеству целевых студентов для нужд АО «РКС».

Подвижность позиции МИРЭА прослеживается и в рейтинге «100 лучших вузов России», который ежегодно составляется рейтинговым агентством RAEX (Эксперт РА) на протяжении последних шести лет. В 2012 году МИРЭА в рейтинге занимал 61-е место, в 2014 – 80-е место. Затем два года вуз вообще не попал в рейтинг лучших вузов России. Как объясняет агентство RAEX (Эксперт РА), «анализ динамики положения вузов в рейтинге позволяет сделать однозначный вывод: при присоединении к сильным вузам менее успешных образовательных организаций конкурентоспособность первых снижается» [1]. Данная тенденция характерна и для МИРЭА, к которому в течение 2013-2015 годов присоединили 3 вуза. Из-за объединений с другими вузами в рейтингах RAEX (Эксперт РА) на время снизились позиции МИРЭА, однако, в 2017 году он снова вошел в рейтинг«100 лучших вузов России» уже в новом статусе, как Московский

технологический университет, и занял 80-е место.

Таким образом, выявлены значимые изменения в динамике целевых мест в МИРЭА для АО «РКС» и его рейтинга среди вузов России. При этом прогноз динамики имеет положительный вектор как в направлении подготовки целевых студентов для нужд предприятия, так и в закреплении университета в рейтинге вузов России, что, безусловно, отразится на эффективности сотрудничества предприятия и вуза.

Библиографический список

1. Рейтинг вузов России: ключевые цифры и факты. Рейтинговое агентство RAEX (Эксперт РА)//[электронный ресурс], 2017. – URL:http://raexpert.ru/rankings/vuz/vuz_2017 (дата обращения: 14.07.2017).

2. УказПрезидентаРФ от 12 мая 2016 г. № 221 «О мерах по созданию государственной корпорации по космической деятельности «Роскосмос». КонсультантПлюс//[электронный ресурс], 2017. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_197831 (дата обращения: 12.07.2017).

DYNAMICS OF TARGET SET TO MIREA (ON THE EXAMPLE OF THE ENTERPRISE OF SPACE-ROCKET BRANCH)

S.V.Koludarova
AO« Russian space system », Moscow, Russia
e-mail: 0041164@spasecorp.ru

Abstract: It is analyzed the target set as a basis of the state program of attraction of young shots in the OPK organizations. There are compared the substantial aspects of the websites of higher education institutions and information portals on target set. It is shown the dynamic of target set in various technical universities during 2015-2017 for AO «Russian space system».The main accent is given to tendencies of dynamics of target set to MIREA and analysis of positions of MIREA in the rating of the best higher education institutions of Russia.

Keywords: target set, higher education, rating of higher education institutions, space-rocket branch

УДК 378.147

ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ СРЕДНЕГО ЗВЕНА В УНИВЕРСИТЕТСКОМ КЛАСТЕРЕ

Книга О.В., Нун Е.О.

***Московский технологический университет,
Колледж приборостроения и информационных технологий,
Москва, Россия, e-mail: nun@mirea.ru***

Аннотация. Данная статья посвящена вопросу кластерного взаимодействия среднего профессионального образования в системе высшего образования. Роль университета в кластере состоит в обеспечении сотрудничающих субъектов инновациями, научными и научно-методическими знаниями, передовыми педагогическими и информационными технологиями. Кластерный подход к профессиональному образованию — это совмещение потребностей производства и образовательных программ.

Ключевые слова. Образовательный кластер, кластерное взаимодействие, профессиональное образование, передовые технологии, подготовка кадров.

Понятие кластера в западной литературе было введено в экономическую теорию М. Портером: "Кластер - это сконцентрированные по географическому признаку группы взаимосвязанных компаний, специализированных поставщиков, поставщиков услуг, фирм в соответствующих отраслях, а также связанных с их деятельностью организаций". То есть, чтобы быть кластером группа взаимосвязанных организаций должна действовать в определенной сфере, характеризоваться общностью деятельности и взаимодополнять друг друга.

Существуют различные виды кластеров: промышленный, региональный, отраслевой и другие. В нашем случае наибольший интерес представляет образовательный кластер - это совокупность взаимосвязанных учреждений профессионального образования, объединенных по отраслевому признаку и партнерскими отношениями с соответствующими предприятиями.

Важными отличительными чертами образовательного кластера являются:

- создание условий для формирования специалистов с различным уровнем профессионального образования;
- интеграция образования с наукой и производством;

- поднятие престижа высококвалифицированных рабочих профессий и специальностей.

Преимущества кластерного развития:

· обеспечение организационного контроля на всех этапах развития кластера;

· ускорение сроков реализации инвестиционных проектов, экономия начальных затрат участников кластера;

· уменьшение инвестиционных рисков для участников кластера;

· повышение эффективности затрат на стимулирование комплексных проектов;

· ротация высококвалифицированного персонала, возможность системного решения вопросов подготовки, переподготовки, привлечения персонала;

· увеличение масштабов производства и организации научного сопровождения деятельности предприятий.

В состав образовательного кластера Московского технологического университета МИРЭА входят учреждения высшего образования и среднего, а именно Колледж приборостроения и информационных технологий.

В своём послании федеральному собранию на 2016 год президент страны В.В. Путин отмечал, что самые передовые технологии могут заработать, если будут люди, способные их развивать и использовать.

К 2020 году как минимум в половине колледжей России подготовка по 50 наиболее востребованным и перспективным рабочим профессиям и специальностям (ТОП-50) должна вестись в соответствии с лучшими мировыми стандартами и передовыми технологиями. Самое базовое условие развития экономики - это, конечно, высокоподготовленные и квалифицированные специалисты, инженерные кадры.

С 2017 года в Колледже приборостроения и информационных технологий МИРЭА ведется подготовка специалистов среднего звена по программам ТОП-50, а именно 10.02.05 Обеспечение информационной безопасности автоматизированных систем, 11.02.05 Инфокоммуникативные сети и системы связи.

Роль университета в кластере состоит в обеспечении сотрудничающих субъектов инновациями, научными и научно-методическими знаниями, передовыми педагогическими и информационными технологиями, преподавателями-консультантами, преподавателями-тьюторами.

В 2015 году в Колледже утверждена Программа развития кадрового потенциала. Ежегодно преподаватели проходят стажировку на профильных предприятиях и кафедрах Университета, проходят курсы повышения квалификации по разным программам. Педагогический состав Колледжа высококвалифицированный: 80% преподавателей аттестованы на высшую

и первую квалификационную категорию, 20% имеют ученые звания. Для проведения лекционных занятий привлекаются и преподаватели Университета.

Университет обладает достаточно развитой инфраструктурой и связями чтобы образовать кластерную структуру.

Университет формирует и реализует предложение образовательных услуг, но формирование спроса во многом зависит от экономико-географических факторов, а именно:

-наличие потенциальных работодателей;

-наличие у предприятий привлекательных для молодого специалиста условий труда и соответствующей заработной платы;

-наличие экономических стимулов к повышению образовательного уровня;

-низкий уровень мобильности потенциальных потребителей образовательных услуг.

Для качественной подготовки профессиональных, в том числе инновационных кадров необходима налаженная работа всех звеньев зарождающегося университетского кластера, начиная от уровня школьного образования и кончая вузовским. Эта задача для образовательного кластера кажется естественной и традиционной, но если рассматривать такую систему образования как инновационную, то отдача от её реализации в полном объеме должна составлять еще и продукт интеллектуальной собственности выработанный в процессе функционирования кластера, а в идеале и реализация выработанных ноу-хау на производстве.

Организация взаимодействия членов кластера с учетом слабых мест обеспечит непрерывность и многоуровневость профессионального образования, совершенствование материально-технической базы Университета; будет способствовать отбору и структурированию содержания профессионального образования; стимулировать профессиональный рост преподавательского состава; гарантировать выпускникам Колледжа трудоустройство по избранной специальности с ясной перспективой карьерного роста.

Подводя итог, можно сказать: кластерный подход к профессиональному образованию — это совмещение потребностей производства и образовательных программ. Производственными ассоциациями будет формироваться заказ для подготовки высококвалифицированных специалистов в Колледже и в Университете.

Библиографический список

1. Путин, В.В. Послание Федеральному Собранию Российской Федерации. 3 декабря 2015 г <http://kremlin.ru/events/president/news/50864>

2. Грудцына, Л. Ю. Реформирование высшего образования: кластер-

ный подход / Л. Ю. Грудцына, А. В. Лагуткин // Административное и муниципальное право. - 2014. - N 7. - С. 723 – 732.

3. Ковалевский, В.П. Развитие университетского комплекса как фактор повышения инновационного потенциала региона // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. 2012. № 2+1.С. 17–22.

4. Терентьева, И. В. Государственно-общественное управление высшей школой в регионе: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора педагогических наук: специальность 13.00.01 <Общая педагогика, история педагогики и образования> / Терентьева Ирина Васильевна; [Ин-т педагогики и психологии проф. образования РАО]. - Казань: 2009. - 34 с.

5. Чернова Н.И., Панкова М.В. Адаптивные технологии обучения в логике формирования коммуникативной компетентности инженерных кадров для наукоемких отраслей // Мир образования - образование в мире. №2(46), 2012. - С. 100-106.

TRAINING MID-LEVEL PROFESSIONALS IN THE UNIVERSITY CLUSTER

Kniga O. V., Nun E. O.
Moscow Technological University, College of engineering and information technology, Moscow, Russia
e-mail: nun@mirea.ru

Abstract. This article deals with the question of the cluster interaction of the secondary professional education in the higher education system. The role of the University in the cluster is to provide cooperating actors with innovations, scientific and methodological knowledge, advanced pedagogical and information technologies. The cluster approach to professional education is a combination of production needs and educational programs.

Keywords. Educational cluster, cluster interaction, vocational training, advanced technologies, training.

УДК:372.881.111.1

АЛГОРИТМ АНАЛИЗА И ПЕРЕВОДА НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ТЕКСТА В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ АНГЛИЙСКОМУ ЯЗЫКУ СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Н.А.Миролюбова

Московский технологический университет, Москва, Россия
e-mail: mirolyubova@mirea.ru

Аннотация. В данном докладе говорится о целях перевода научно-технического текста. Разбираются основные этапы перевода с английского языка на русский язык. Также рассматриваются основные трудности, с которыми сталкиваются студенты при переводе текстов, статей профессиональной тематики.

Ключевые слова. Коммуникативные намерения, грамматическая структура предложения, научно-технический перевод, смысловой центр.

В наши дни при обилии научно-технической информации на иностранном языке, совершенно необходимо обучать студентов - будущих специалистов наукоёмких отраслей производства качественному профессиональному техническому переводу. Это помогает студентам выработать соответствующие переводческие навыки - развивать необходимую профессиональную компетенцию.

На этапе знакомства с исходным текстом научно-технической тематики, важно провести переводческий анализ данного материала для выявления его коммуникативного содержания, понять коммуникативные намерения автора. Главное, на что приходится акцентировать внимание обучаемых - переводить надо не отдельные слова (“пословный перевод”), а общий смысл предложения, структурной единицы, отрывка, обращая внимание на точность перевода терминов или “терминологических групп”. Другими словами, при анализе текста, понимая коммуникативные намерения автора, пересказывая отрывок, достигаем главной цели-эквивалентности передачи содержания данной структурной единицы.

Какова же последовательность информативного анализа и последующего перевода научно-технического текста, статьи? За основу возьмём предложение, как основную структурную единицу текста.

Первое. Необходимо проанализировать грамматическую структуру предложения, опираясь на то что, английское предложение имеет строгий порядок слов. Подлежащее, сказуемое, дополнение стоят в строгой после-

довательности одно за другим, являясь основой предложения. Обстоятельства до и после “основы”. Определение - не имеет постоянного места в предложении, оно находиться с тем членом предложения, которое требует определения. Определения часто образуют “терминологические группы”. Анализ грамматической основы предложения, (особое внимание следует обратить на сказуемое) помогает понять смысл предложения, оценить его “коммуникативную нагрузку”.

Следующий этап, это поиск смыслового центра предложения.

Известно, что в русском языке в стилистически-нейтральном повествовательном предложении смысловые группы располагаются по мере увеличения их коммуникативной нагрузки (об этом писал известный исследователь-лингвист Дж.Фирбас в 1957 году) . То есть, смысловой центр в русском предложении находится в конце, это является определяющим при построении предложения.

В английском предложении, особенно в научно-техническом стиле, смысловой центр выражен подлежащим или, если предложение отрицательное, отрицательным сказуемым.

Важно учесть, что смысловой центр в русском и английском предложениях находится не в одинаковой позиции (если речь не идёт о совсем простом предложении), это влечёт за собой перестройку предложения при переводе (как с английского на русский язык, так и наоборот).

Основной целью на этом этапе является достижение семантической эквивалентности, т.е. соответствия значения структурной единицы текста.

Далее этап, который, как правило, вызывает много трудностей, это перевод терминологических групп. Одна из особенностей русского предложения, отличающая его от английского - это большая изменяемость слов (суффиксы, окончания, падежи и т.д.). В английском языке нет такого механизма, а существуют, так называемые многокомпонентные термины или терминологические группы, составленные из нескольких слов, которые не имеют между собой грамматических связей.

Перевод на русский язык осуществляется с помощью контекста при переходе от последнего слова к первому, путём добавления отсутствующих смысловых компонентов. Для начала, надо определить границы терминологической группы, затем найти главное слово в ней (оно, как правило, последнее, если это не правое определение к нему), увидеть левые определения к главному слову. При переводе главное слово переходит из крайне правого положения в английском, в левое или крайне левое положение в русском языке. Например, "control system"

-какая система? Система управления.

Далее происходит перевод уточнённого значения главного слова совместно со вторым уточняющим определением - система управления чем?

Система управления самолетом – “ Aircraft control system “.

Четвертое. Для научно-технического стиля важна логичность и последовательность. Следующие друг за другом высказывания соединены различными выражениями логической связи: одно высказывание следует из другого - устанавливаются причинно следственные связи. Это явление-общее как для английского оригинала так и для русского перевода. Но в английском языке логические связи между отдельными высказываниями часто обнаруживаются лишь в самом их содержании и особо не выражаются. В русском языке для этих целей используются специальные слова и вводные обороты, указывающие на тот или иной тип связи. Часто приходиться по контексту восстанавливать логику предложения, добавлять в русском варианте недостающие слова; ”развернуть предложение” т.к. английское предложение стремится к краткости.

Анализ и выполнение, приведенных выше шагов помогают начинающим специалистам ориентироваться в специфике научно - технического перевода и приобрести навыки профессионального перевода.

Библиографический список

1. Рецкер Я.И. Теория перевода и переводческая практика. М., “Международные отношения”,1974.

2. Климзо Б.Н. Психологические барьеры на пути технических переводчиков. Сб. перевод и коммуникация. М., РАН, Институт языкознания, 1997.

3. Черняховская Л.А. Перевод и смысловая структура. М., “Международные отношения”,1976

4. Шевякова В.Е. Актуальное членение предложения. М., “Наука”,1976

ANALYSYS AND TRANSLATION’S ALGORITHM OF SCIENTIFIC LITERATURE DURING THE ENGLISH TEACHING OF TECHNICAL UNIVERSITY STUDENTS.

N.A. Mirolyubova
Moscow Technological University, Moscow, Russia
e-mail: mirolyubova@mirea.ru

Abstract. The main purposes and steps of scientific translation for students are considered in this article. Also, some typical difficulties are shown here for high technical beginners during the teaching of English language.

Key words: communicative intentions, grammatical structure of the sentence, semantic center, scientific translation.

УДК 377.35; 377.5

ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕПРОФЕССОРСКО-ПРЕПОДАВАТЕЛЬСКОГО СОСТАВА ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ В УСЛОВИЯХ ИХ СЕТЕВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С ПРЕДПРИЯТИЯМИ ОПК

© Ю.Я. Еленева, В.Н. Андреев
Московский государственный технологический университет «СТАНКИН», Москва, Россия
e-mail: yu.eleneva@stankin.ru, andreevv85@mail.ru

© А.А. Сиганьков
Московский технологический университет, Москва, Россия
e-mail: sigankov@mirea.ru

Аннотация. В настоящее время остро встала проблема подготовки кадров для предприятий оборонно-промышленного комплекса (ОПК) России. В настоящей статье предложены модели дополнительного профессионального образования преподавательского состава данных образовательных организаций в условиях их сетевого взаимодействия с предприятиями ОПК. Рассмотрены условия применения и ключевые особенности этих моделей, а также алгоритм подбора участников формирующейся сети.

Ключевые слова. Дополнительное профессиональное образование, преподавательский состав образовательных организаций, обучающих специалистов для предприятий ОПК, сетевое взаимодействие.

В современных экономических реалиях особо значимыми становятся вопросы формирования и систематического развития человеческого капитала. В связи с этим, возрастает роль таких сфер человеческой деятельности как образование, здравоохранение и культура. Не принижая значимости двух последних отмеченных направлений, в рамках данной работы мы хотели бы сосредоточиться именно на проблемах образования. Учитывая сложность и многоаспектность исследуемого объекта, мы остановимся на проблемах технического образования в их приложении к процессу подготовки специалистов для предприятий оборонно-промышленного комплекса (ОПК) страны.

Качественное образование является необходимым условием существования и развития любого крупного государства. Недостаток высококвалифицированных специалистов может привести к негативным последствиям, вплоть до крупных техногенных катастроф.

Продолжающаяся политика антироссийских санкций продемонстрировала уязвимые места российской экономики. Проблемы с импортозамещением возникли в отраслях тяжелой промышленности и высокотехнологичной сфере. Одной из острых проблем является обеспечение достаточного количества инженерно-технических кадров и качества их подготовки [1].

Модернизация высшей технической школы России призвана обеспечить решение жизненно важной в современном высококонкурентном мире задачи формирования нового поколения высококвалифицированных, инновационно мыслящих специалистов– инженеров для XXI века. Современный мир предъявляет жесткие требования к уровню образования инженерных кадров. Помимо собственно общеинженерной подготовки специалист должен обладать естественнонаучными и социально-гуманитарными знаниями, навыками организационной, управленческой и воспитательной работы в коллективе, сформированным научным мировоззрением, высоким уровнем профессиональной и общей культуры.

Для оборонно-промышленного комплекса, который формирует «щит и меч» страны, в котором создаются уникальные, не имеющие аналогов в мире, технические системы, используются передовые достижения науки и техники, реализуются прорывные технологии, эта задача приобретает особое значение.

Одним из ключевых условий ее успешного решения являются высокий профессионализм и опережающая подготовка преподавательского состава вузов, обучающих специалистов для предприятий ОПК.

Отметим также, что, несмотря на прогрессирующее, повсеместное внедрение в процесс обучения информационно-коммуникационных технологий и технических устройств, образовательное сообщество установило, как не подлежащий сомнению тезис о главенствующей роли и непреходящей ценности преподавателя в образовательном процессе.

Потому так тревожен тот факт, что в высшей технической школе России, в частности, в вузах, ведущих подготовку специалистов для предприятий ОПК, сложилась крайне неблагоприятная кадровая ситуация: средний возраст преподавателей высшей квалификации составляет 60-65 лет, в силу низкой привлекательности работы недостаточен приток молодых преподавательских кадров, существенно снизились эффективность и качество работы аспирантуры как института подготовки научно-педагогических кадров высшей квалификации [2,3].

Работа по сохранению и развитию научно-педагогического потенциала вузов, ведущих подготовку специалистов для предприятий ОПК, должна стать одним из приоритетных, комплексных и многоаспектных направлений деятельности для руководства вузов, Министерства образова-

ния и науки Российской Федерации, Министерства промышленности и торговли Российской Федерации, а также предприятий ОПК как основных потребителей молодых специалистов.

При этом требования к квалификации молодых специалистов, предъявляемые предприятиями ОПК, являются базой для определения структуры и содержания вузовских образовательных программ, а, следовательно, опосредованно формируют требования к компетенциям преподавателей вузов и программам их профессиональной переподготовки и повышения квалификации.

Очевидно, что подготовка преподавателей должна проходить в тесном контакте с предприятиями и организациями ОПК, а также отраслевыми научными учреждениями. Однако разрыв традиционных связей вузов с предприятиями и организациями ОПК, который произошел в начале 90-х годов, негативно отразился на подобном сотрудничестве. Так, например, значительно снизились возможности для такой формы повышения квалификации преподавателей, как стажировка на отраслевых промышленных предприятиях и в научных учреждениях. Практически полностью прекратилось использование экспериментально-производственной базы предприятий и организаций ОПК для проведения исследований преподавателями, научными сотрудниками и аспирантами вузов.

Аналогичная с описанной выше ситуация наблюдается и в сфере среднего профессионального образования для предприятий ОПК, с учетом специфики, присущей данной форме образования [4].

В контексте вышеизложенного авторами предлагается подход к реализации программ профессиональной переподготовки и повышения квалификации профессорско-преподавательского состава (ППС) образовательных организаций (программ дополнительного профессионального образования) с привлечением предприятий и организаций ОПК. Учитывая то, что в современной экономической системе, как наиболее прогрессивный, доминирует сетевой подход к выстраиванию взаимоотношений участников, в основу разрабатываемой модели взаимодействия образовательных организаций и предприятий ОПК в процессе подготовки преподавательских кадров будет заложен сетевой подход [5].Рассмотрим подробнее участников данного взаимодействия, разделив их по уровням подчинения и принадлежности к сфере образования, либо сфере производства (рис. 1).

На федеральном уровне участниками сетевого взаимодействия со стороны образования выступает Министерство образования и науки Российской Федерации, а со стороны производственной сферы – Министерство промышленности и торговли Российской Федерации, государственные корпорации «Росатом», «Ростех» и «Роскосмос», курирующие предприятия оборонно-промышленного комплекса России. На региональ-

ном/местном уровне участники сети – это непосредственно образовательные организации, а также созданные при их участии инновационно-ориентированные предпринимательские структуры(сфера образования); непосредственно предприятия и организации ОПК, а также созданные при их участии корпоративные образовательные структуры (сфера производства).При этом следует также отметить сам феномен создания на базе образовательных организаций предпринимательских структур (например, малых инновационных предприятий), а на базе крупных компаний – образовательных структур (например, корпоративных университетов), указывающий на стремление и тех и других «прирасти» новыми, необходимыми для дальнейшего развития компетенциями.

Рис. 1. Потенциальные участники сетевого взаимодействия.

Проведем классификацию объединений, формирующихся в процессе сетевого взаимодействия образовательных организаций и предприятий ОПК в рамках дополнительного профессионального образования профессорско-преподавательского состава (табл.). Это позволит нам в дальнейшем конкретизировать данные объединения как объекты управления. При этом в качестве классификационных признаков были выделены: уровень

взаимодействия, форма сетевого взаимодействия, территориально-отраслевая принадлежность, форма организации, степень диверсификации продуктового портфеля.

Таблица. Классификационные признаки объединений, формируемых в рамках сетевого взаимодействия.

Классификационные признаки	Виды объединений
по уровню взаимодействия	· объединение на федеральном уровне · объединение на региональном/местном уровне
по форме сетевого взаимодействия	· концентрированная сеть · распределенная сеть
по территориально-отраслевой принадлежности	· территориальное объединение · отраслевое объединение · территориально-отраслевое объединение
по форме организации	· самостоятельное юридическое лицо · структурное подразделение в составе одного из участников объединения · договорная основа
по диверсификации продуктового портфеля	· узкопрофильное объединение · многопрофильное объединение

Далее рассмотрим возможные типы моделей сетевого взаимодействия образовательных организаций и предприятий ОПК в рамках дополнительного профессионального образования профессорско-преподавательского состава. Проанализировав существующие модели сетевого взаимодействия [5,6], для наших условий были выбраны концентрированная сеть и распределенная сеть. Рассмотрим подробнее эти модели и некоторые их характеристики в контексте решаемой нами задачи.

1. Модель сетевого взаимодействия с образованием ресурсного центра как самостоятельного юридического лица. Для реализации данной модели необходимы следующие условия:

- наличие инфраструктуры, где может быть размещен ресурсный центр;
- высокая или достаточно высокая концентрация участников объединения в территориально-отраслевом аспекте.

2. Модель сетевого взаимодействия с образованием ресурсного центра на базе одного из участников объединения. Данная модель может быть

использована при наличии следующих условий:

• значимая часть материально-технических ресурсов, которые будут использоваться для реализации образовательной программы, сконцентрирована у одного из участников объединения (например, крупного вуза или корпоративного университета крупного предприятия);

• наличие инфраструктуры, где может быть размещен ресурсный центр;

• высокая или достаточно высокая концентрация в территориально-отраслевом аспекте участников объединения.

3. Модель сетевого взаимодействия на договорной основе. Для реализации подобной модели (тип «распределенная сеть»)характерны следующие особенности:

• равномерное распределение материально-технических ресурсов, которые будут использоваться для реализации образовательной программы, между участниками объединения;

• низкая или достаточно низкая концентрация в территориально-отраслевом аспекте участников объединения, либо объединение осуществляется на федеральном уровне.

В заключение приведем порядок подбора участников сетевого объединения на региональном уровне (рис. 2).

Рис. 2. Порядок подбора участников сетевого объединения на региональном уровне

Отталкиваясь от предметной области образовательной программы дополнительного профессионального образования профессорско-преподавательского состава образовательных организаций и требуемого перечня компетенций, формируется перечень ресурсов, необходимых для реализации данной программы. Далее оценивается наличие и достаточность собственных ресурсов, и для получения недостающих ресурсов из участников сети формируется сетевое объединение, обеспечивающее реализацию полного цикла образовательной программы и формирование требуемых компетенций.

В целом, подводя итоги проведенной работе, можно отметить, что разрабатываемая модель дополнительного профессионального образования профессорско-преподавательского состава образовательных организаций в условиях их сетевого взаимодействия с предприятиями ОПК актуальна и решает важные государственные задачи обеспечения обороноспособности страны за счет создания условий для качественной подготовки специалистов, отвечающих требованиям предприятий ОПК.

Библиографический список

1. Бодрова Е.В., Пирумов А.Р. Подготовка высококвалифицированных специалистов в области техники и технологии как фактор успешной модернизации России// Российский технологический журнал. 2016. Т.4. №4 (13). С. 62-70.

2. Кутин А.А., Андреев В.Н., Ивашин С.С., Долгов В.А. Разработка дорожной карты развития цифрового производства в российской федерации. – Монография. – М.: МГТУ «СТАНКИН», 2017. – 192 с.

3. Еленева Ю.Я., Андреев В.Н. Подготовка кадров в сфере инжиниринговой деятельности: анализ проблем и возможные решения // В сборнике: Вопросы экономики и управления на современном этапе развития Сборник научных статей по итогам Всероссийской конференции. Под ред. И.Е. Бельских. 2015. С. 32-39.

4. Еленева Ю.Я., Просвирина М.Е., Андреев В.Н., Волкова А.В. Анализ и организационная модель проведения мониторинга подготовки рабочих и специалистов со средним профессиональным образованием для организаций ОПК России // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 5. С. 330.

5. Шерешева М. Ю.Формы сетевого взаимодействия компаний. Курс лекций: учеб. пособие / М. Ю. Шерешева; Гос. ун-т — Высшая школа экономики. — М.: Изд. дом Гос. ун-та — Высшей школы экономики, 2010. — 339с. — (Учебники Высшей школы экономики)

6. Ю.Я. Еленева, М.Е. Просвирина, В.Н. Андреев. Разработка модели организации дополнительного профессионального образования научно-педагогических и педагогических работников образовательных организаций в условиях их сетевого взаимодействия с предприятиями ОПК. – Монография. – М.: МГТУ «СТАНКИН», 2013. – 86 с.

ADDITIONAL PROFESSIONAL TRAINING OF UNIVERSITY TEACHING STAFF IN CONDITIONS OF THE EFFECTIVE INTERACTION WITH THE DEFENCE INDUSTRY COMPLEX ENTERPRISES

© Yu.Ya. Eleneva, V.N. Andreev
Moscow State University of Technology „STANKIN“, Moscow, Russia
e-mail: yu.eleneva@stankin.ru, andreevv85@mail.ru
© A.A. Sigankov
Moscow Technological University, Moscow, Russia
e-mail: sigankov@mirea.ru

Abstract. The problem of personnel training for the defense industry complex (DIC) enterprises has become crucial of late in Russia. The article offers the models of additional professional training of the teaching staff of tertiary education institutions under the conditions of their network interaction with DIC enterprises. Conditions of application, the key features of these models, as well as the algorithm of the forming network participants' selection are considered.

Keywords. Additional professional training, tertiary education teaching staff selected for training of specialists working for DIC enterprises, network interaction.

УДК 378.4

В. И. ВЕРНАДСКИЙ О НЕОБХОДИМОСТИ ИЗУЧЕНИЯ ИСТОРИИ НАУКИ

© В. М. Алпатова, А. Ю. Александровская

Московский технологический университет, Москва, Россия
***e-mail:* vika.alpatova@gmail.com, anastasia.alexandrovskaya@gmail.com**

Аннотация. В статье рассмотрены основные идеи, изложенные в работе выдающегося учёного-естествоиспытателя В. И. Вернадского «Мысли о современном значении истории знаний». В докладе он уделяет большое внимание истории идей, истории науки и проблеме образования. В статье раскрывается актуальность идей В.И. Вернадского в настоящее время и обосновывается необходимость изучения истории науки в высшем учебном заведении при подготовке высококвалифицированных специалистов.

Ключевые слова. В.И. Вернадский, история науки, университетское образование, научная мысль.

Все достижения человечества в последнее время связаны с развитием науки и обусловлены научными открытиями. Жизнь современного общества в значительной мере зависит от успехов науки. В настоящее время трудно найти хотя бы одну сферу человеческой деятельности, в которой можно было бы обойтись без использования научного знания.

В современной науке, которая носит интернациональный характер, возрастает доля прикладных исследований и она, таким образом, является технонаукой, т.е. сочетает в себе научные, технические и технологические разработки. Это говорит об ускорении процесса интеграции знаний. Например, внедрение физических понятий в основы химии, в частности, в науку о строении атома, взаимодействии веществ между собой. В то же время для описания множества физико-химических процессов используют математические модели и компьютерное моделирование. Важнейшим связующим звеном между естественными науками и философией является история науки, она имеет первостепенное значение для формирования научного мировоззрения.

Университетское образование, как основная ступень при подготовке высококвалифицированных специалистов, играет огромную роль. Выпускник университета – личность, обладающая не только знаниями в своей узкоспециальной области, но и в смежных областях, а также умениями про-

водить сложные логические операции с целью выявления взаимосвязей в рамках решаемой задачи. Многие российские философски мыслящие ученые, такие как М.В. Ломоносов, Д.И. Менделеев и В.И. Вернадский, обращаются к проблеме образования в своих трудах.

В. И. Вернадский был учёным-естествоиспытателем, общественным деятелем и мыслителем, который внёс большой вклад в достижения науки. В своём творчестве он уделял большое внимание проблеме образования. В одной из своих работ «Мысли о современном значении истории знаний» В.И. Вернадский высказывает идеи, которые актуальны и сейчас.

Прежде всего, это все увеличивающийся интерес к истории науки и техники и необходимость ее изучения. В.И. Вернадский считал, что история науки является «одной из форм выяснения научной истины» [1, с. 250]. В особенности ее значение и роль возрастают в периоды сильных изменений научных представлений, как их ещё называют научных революций. Взрывы научного творчества, повторяющиеся через столетия, указывают на то, что повторяются периоды, когда скапливаются в одном или немногих поколениях, в одной или нескольких странах одаренные личности, и их умы меняют биосферу [2]. Подъем научного сознания на рубеже 19-20 веков по мнению В.И. Вернадского был третьим «великим поворотом мышления» [2, с. 214]. В моменты перелома научного сознания человечества открываемое новое может являться огромной духовной ценностью в жизни человека.

В.И. Вернадскому было очень важно выделить роль мысли, знаний в развитии планеты. Научная мысль направляет деятельность человека, могущественным образом меняет природу. Ученый-исследователь хода научной мысли может утверждать, что большая часть духовной работы человечества укладывается в «законы природы» - закономерности [2, с. 215]. И, таким образом, научная мысль входит в природные явления и в ней есть черты, свойственные только природным явлениям: определенная скорость движения, закономерное изменение во времени и смена периодов замирания и усиления. «Научная мысль сама по себе не существует, она создаётся человеческой личностью. В мире реально существуют только личности, создающие и высказывающие научную мысль» - так писал В.И. Вернадский [2, с. 216].

В.И. Вернадский считал, что образование и воспитание не могут и не должны опираться преимущественно на естественные науки, они должны быть нацеленными на всестороннее развитие человека и на создание условий для максимального проявления индивидуальных качеств личности. Университетскому образованию Вернадский придавал особое значение. Он внёс крупный вклад в разработку вопросов назначения и задач высшей школы, анализа ее проблем и способов реформи-

рования. В своей работе «Задачи высшего образования нашего времени» Вернадский писал, что высшее образование находится на этапе быстрого роста, который обусловливается тремя общими для всего человечества обстоятельствами: развитием знания и его научной организации, демократизацией общественной и государственной жизни и распространением единой культуры на весь земной шар [3].

В.И. Вернадский писал, что есть общие закономерности для разных областей знания - исторических и биологических наук. На каждом этапе развития выявляется биологическая основа исторического процесса. Это ясно заметно в одной из исторических наук, в истории знания и научной мысли.

Появление большого количества и сосредоточение в определенных поколениях умов, которые могут создавать переворот в научных исканиях человечества, а, следовательно, и в энергетике биосферы, не является случайностью и, как считал В.И. Вернадский «связано с глубочайшими биологическими особенностями Homo sapiens»[2, с. 222].

Мы живем в период напряженного, непрерывного созидания, темп которого всё усиливается. В такие периоды научного творчества с чрезвычайной быстротой строится и создаётся новое, часто для своего создания используя и перерабатывая до конца старое. В старом давно уже таились и подготовлялись элементы нового. Это образ созидания нового и сохранения ранее достигнутого. Например, один из наиболее популярных в 21 веке изобретателей – Илон Маск - свои идеи, предложенные на данный момент, заимствовал из ранних работ ученых 20 и 19 века.

Таким образом, история науки сравнительно молодая наука. Она является сокровищницей идей в любой области техники. История науки приводит к введению в человеческое сознание нового. Постепенно благодаря усилиям ученых из различных стран мира она превратилась в самостоятельную дисциплину. Идеи В.И. Вернадского являются важными сейчас, когда история науки является отдельным разделом философского знания, необходимым для изучения при подготовке профессиональных кадров в университете.

Библиографический список

1. Вернадский В.И. «Памяти академика К.М. фон Бера » // В.И. Вернадский «Труды по истории науки в России» М., Наука.– 1984, - с.250-255.

2. Вернадский В.И. «Мысли о современном значении истории знаний» // В.И. Вернадский «Труды по истории науки в России» М., Наука.– 1984, - с.213-224.

3. Вернадский В.И. Задачи высшего образования нашего времени //

Метафизика.- 2014, № 4, 2014, - с.139-148.

V. I. VERNADSKY ABOUT THE NECESSITY OF STUDYING THE HISTORY OF SCIENCE

Moscow Technological University, Moscow, Russia
© V. Alpatova, A. Alexandrovskaya
e-mail: vika.alpatova@gmail.com, anastasia.alexandrovskaya@gmail.com

Abstract. In this article the main ideas, stated in the lecture "Thoughts on the Modern Significance of the History of Knowledge" by outstanding natural scientist V.I. Vernadsky, are considered. In the lecture he paid much attention to the history of ideas, the history of science and educational issue.This article shows the topicality of V.I. Vernadsky's ideas at the present time and justifies the necessity of studying the history of science in the institutions of higher learning during the training scientific personnel.

Keywords. V. I. Vernadsky, the history of science, University Education, scientific thought.

УДК 378.147

РЕАЛИЗАЦИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ОБУЧАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОЦЕССЕ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЛИКУЛЬТУРНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ ВУЗА

© Н.В. Дидык
Московский технологический университет, Москва, Россия

e-mail: natalia-didyk@mail.ru

Аннотация. Данная статья посвящена вопросу реализации инновационных обучающих технологий в процессе формирования поликультурной образовательной среды ВУЗа. Наиболее эффективно поликультурное образовательное пространство в ВУЗе может быть сформировано с помощью современных компьютерных технологий, которые делают возможным продуктивное использование аудио-, видео- и интерактивных ресурсов. Использование современных компьютерных технологий способствует плодотворному и результативному педагогическому взаимодействию преподавателя с обучающимися и максимально раскрывает их творческий потенциал.

Ключевые слова. Инновационные обучающие технологии, формирование поликультурной образовательной среды, электронные образовательные ресурсы, поликультурное образование, информационные технологии.

В современном мире наиболее востребованы и занимают высокие должности те специалисты, которые могут эффективно работать и успешно вести коммуникацию с коллегами из других стран. В этих условиях необходимой задачей ВУЗов является подготовка специалистов, которые смогут обеспечить наиболее плодотворное сотрудничество с иностранными коллегами. Для решения этой задачи является важным создание поликультурной образовательной среды в ВУЗе.

Поликультурное образование — образование, ориентированное на подготовку обучающегося к жизни в условиях многонациональной и поликультурной среды. Целью такого образования является формирование умения общаться и сотрудничать с людьми других культур. Изучение других культур, их особенностей и закономерностей позволяет овладеть необходимыми навыками для коммуникации с их представителями, а также может значительно изменить отношение к собственным культурным ценностям. Поликультурная образовательная среда формирует у обучающегося толерантное отношение к другим культурам, готовность к эффективному межкультурному взаимодействию и способствует осознанию важности культурного многообразия.

Наиболее эффективно поликультурное образовательное пространство в ВУЗе может быть сформировано с помощью инновационных обучающих технологий, которые представляют собой системные методы планирования, применения и оценивания всего процесса обучения и усвоения знаний путем учета человеческих и технических ресурсов и взаимодействия между ними для достижения более эффективной формы образования. Наибольшее распространение приобретают современные компьютерные технологии, которые делают возможным продуктивное использование аудио-, видео- и интерактивных ресурсов. Обучающиеся получают доступ к аутентичному материалу и тем самым могут проследить подлинное взаимодействие на английском языке в конкретной ситуации. Преподаватель выполняет консультационную функцию и не является основным действующим лицом, а направляет деятельность обучающихся. Методы, направленные на усвоение знаний о различных культурах и культурных процессах, где преподаватель продолжает являться основным действующим лицом, а учащиеся выступают в роли слушателей, все еще востребованы. К ним относятся такие приёмы организации познавательной деятельности обучающихся, как рассказ, лекция, семинар. Это представляет собой возможность преподнести сравнительно большее количество учебного материала в ограниченных временных рамках занятия.

Современные компьютерные технологии способствуют формированию культуры межличностного общения, позволяют конструктивно взаимодействовать преподавателю и обучающимся, а также обучающимся между собой с учётом их культурных особенностей. В межличностном общении приобретают особую значимость активное слушание (уточняющие вопросы, актуализация проблемы, сопереживание), диалог, дискуссия, приёмы разрешения конфликтной ситуации.

Обучающиеся могут использовать электронные рабочие тетради для развития лексики и грамматики. При выполнении устных упражнений предоставляется возможность прослушать произношение посредством компьютерных технологий. Компьютерные сервисы позволяет предоставить материал с неограниченной возможностью воспроизведения, таким образом, это позволит наиболее эффективно закрепить изучаемый материал. Также данные сервисы предусматривают проведение голосовых конференций, где обучающиеся могут применить учебный материал на практике, обсуждая конкретную тему или ситуацию, связанную с профессиональной деятельностью.

С помощью современных технологий и аудиокниг можно значительно облегчить восприятие учебного материала. Когда текст выводится на экран и одновременно воспринимается на слух, значительно увеличивается запоминаемый объём знаний, расширяется словарный запас, улучшается произношение и дикция. После прослушивания материала обучающиеся устраивают диалоги и дискуссии. Здесь присутствует эмоционально-личностный компонент, что обеспечивает наиболее полное восприятие и успешное усвоение информации. Обучающие развивают свой творческий

потенциал при решении ситуационной задачи, распределяют роли и взаимодействуют в игровой обстановке. Повышается мотивация обучающихся, обусловленная профессиональным интересом и творческим характером учебно-познавательной деятельности.

Для наиболее эффективного функционирования поликультурной образовательной среды в ВУЗе представляется актуальным использование не только лекционной подачи материала, но и применение современных компьютерных технологий или технологий лингвистической подготовки, представляющих технологическое обеспечение посредством создания системы тренингов или разработки аудиовизуального курса, позволяющего произвести наиболее полное погружение в аудио среду. Использование современных компьютерных технологий способствует плодотворному и результативному педагогическому взаимодействию преподавателя с обучающимися и максимально раскрывает их творческий потенциал.

Современные информационные технологии делают возможным создание новых компьютерных программ, с помощью которых может производиться не только обучение, но и контроль усвоенного учебного материала.

Программы, нацеленные на обучение, уделяют огромное влияние развитию навыков разговорной речи, что способствует формированию и улучшению языковой коммуникативной компетенции у обучающихся. Также в данных программах предоставляются задания по подбору дефиниций или определений на английском языке. Обучающимся предлагается дать максимально развёрнутое и полное определение данного понятия или явления. Если они затрудняются это сделать, предлагается описать данное слово ситуативно, то есть вспомнить и обрисовать ситуацию, в которой это слово можно понять исходя из контекста. С помощью таких упражнений создается специальная англоязычная среда, в которой обучающиеся могут излагать свои мысли и общаться. Эти упражнения ориентированы не только на расширение лексических знаний, но и на развитие общего кругозора и креативности.

Современные информационные технологии помогают работать с информацией самостоятельно, при изучении иностранного языка позволяют рационально распределять время на подготовку к занятиям с учётом индивидуальных требований, помогают проработать тот или иной аспект учебной программы в индивидуальном режиме с учётом текущего уровня языковой подготовки, помогают найти необходимую информацию, размещённую в электронных библиотеках, учебных аудио- и видеороликах.

Среди инновационных обучающих технологий всё большую популярность приобретают электронные образовательные ресурсы (ЭОР). Обучающимся предоставляется широкий спектр учебных и тестовых материалов, разнообразный набор сценариев аудиторных занятий в электронном виде и видео уроки по конкретным изучаемым темам.

При наличии малого количества аудиторных часов по изучению иностранного языка в сетке расписания занятий, большое значение имеет ин-

теграция компьютерных средств обучения в образовательный процесс.

Для реализации инновационных обучающих технологий важную роль играет наличие и высокотехнологичное оснащение компьютерных классов. Обучающиеся имеют возможность пройти онлайн тестирование, чтобы получить оперативный результат и объективную оценку знаний. Также обучающиеся производят самостоятельный поиск информации для решения конкретной коммуникативной задачи, пользуясь гиперссылками по изучаемой теме. Это повышает их мотивацию и расширяет и обогащает пути получения и систематизации знаний, а также значительно улучшает результаты обучения.

Таким образом, наиболее эффективно поликультурное образовательное пространство в ВУЗе может быть сформировано с помощью современных компьютерных технологий, которые делают возможным продуктивное использование аудио-, видео- и интерактивных ресурсов. Применение современных компьютерных технологий способствует максимальному раскрытию творческого потенциала обучающихся, развитию их кругозора и креативности.

Библиографический список

1. Хакимов Э.Р. Сущность поликультурного образования // Вестник ИжГТУ, 2009. – № 3. – С. 189-191.
2. Гулая Т.М., Лобанова Е.И., Романова С.А. «Лингводидактический аспект обучения иностранным языкам с применением современных интернет технологий»: Коллективная монография .—М.:МЭСИ, 2013.
3. Kazaeva E. Role of Multicultural Approach in the Development of Civic Position of a Future Teacher / / European Researcher, 2013, Vol. (50), № 5-3. P. 1399-1404.

APPLICATION OF INNOVATIVE EDUCATIONAL TECHNOLOGY IN THE PROCESS OF FORMING MULTICULTURAL EDUCATIONAL ENVIRONMENT IN THE SPHERE OF HIGHER EDUCATION

© N.V. Didyk

Moscow Technological University, Moscow, Russia
e-mail: natalia-didyk@mail.ru

Abstract. This article is devoted to wide range of questions connected with application of new educational technology in the sphere of multicultural higher education. Computer technology allows students to solve educational tasks more efficiently and to interact with people from other countries more successfully.

Keywords. Innovative educational technology, higher education, multicultural educational environment.

УДК 378.147

СТРАТЕГИИ АВТОНОМНОГО ЧТЕНИЯ В ОБУЧЕНИИ ИНОСТРАННОГО ЯЗЫКА В ВЫСШЕЙ ШКОЛЕ

© Р.И.Дятлова
Московский технологический университет, Москва, Россия
e-mail: r.dyatlova@list.ru

Аннотация. Для жизни и работы в информационном обществе выпускник должен быть подготовлен к быстрому восприятию и обработке больших объемов информации, т.е. иметь определенный уровень информационной культуры. Этапом формирования информационной культуры является овладение студентами умениями и приемами осмысления информации, в том числе на иностранном языке, что в неязыковом вузе заключается в формировании умений чтения иноязычных профессионально-ориентированных текстов и предполагает овладение стратегиями автономного чтения профессионально-ориентированной информации.

Ключевые слова. *Стратегии чтения, автономное чтение, информационное общество, профессионально-ориентированные тексты.*

В настоящее время эволюция образования происходит как переход от усвоения обучающимися образа мира как системы знаний к построению образа мира как способа мышления, образа самого себя как субъекта деятельности. Главное изменение состоит в смене ведущего субъекта образовательного процесса: вместо обучающего - обучающийся.

Профессиональная школа длительное время ориентировалась на воспитание всесторонне развитой личности в ущерб формированию профессионального мастерства ее выпускников, что не стимулировало развитие профессиональной компетентности студентов, их стремление к образованию и самообразованию.

Современные Федеральные государственные образовательные стандарты высшего профессионального образования предусматривают формирование у студентов навыков иноязычного чтения, которые отражены в требованиях по овладению специальности. Профессиональная подготовка студентов технических и гуманитарных специальностей предусматривает овладение ими конструктивной, исследовательской, информационной, проектной деятельности, что требует прочтения и анализа большого количества информационных текстов на иностранном языке.

Цель работы: определить этапы интеграции различных видов стратегий автономного чтения в процесс обучения иноязычному профес-

сионально-ориентированному чтению в вузе.

Н.Н. Сметанникова выделила этапы применения стратегий автономного чтения: предтекстовый, текстовый и послетекстовый. Дотекстовый этап включает такие стратегии чтения, как: мозговой штурм, обзор словаря, глоссарий, логические цепочки, задай вопрос. Описываемый этап начинается мозговым штурмом, в ходе которого студент по заранее изученному алгоритму пытается актуализировать лексику, связанную с тематикой того или иного текста.

Во время процесса чтения применяются следующие стратегии: 1) ведение записей в различной форме (notesfacilitator) 2) многочисленные варианты работы со словарем (playwithwords) 3) рубрикация (rubrics) 4) стратегия Glossing 5) системные организаторы и кластеры (догадка по контексту).

Стратегии послетекстовой деятельности включают в себя: 1) работу с лексикой при применении стратегий компрессии текста (составление аннотации, кратких пересказов, других видов компрессии текста) 2) стратегию «Знаю- Хочу узнать – Узнал» 3) «Кольца Венна» 4) «Проверочный лист».

Приведем пример работы со стратегией «Мозговой штурм».Студент приступает к работе, самостоятельно сформулировав вопросы для мозгового штурма. Студенты дают ответы на вопросы. После этого, обучаемые приступают к прочтению первого и последнего параграфа текста для проверки своих предположений. В ходе этой работы выявляются блоки, содержащие минимальное количество лексических единиц, те, которые требуют дальнейшей классификации и т.д. По итогам применения данной стратегии студент может выявить пробелы в фоновых и лексических знаниях. В свою очередь, стратегия «Знаю-Хочу узнать- Узнал» реализуется на разных этапах работы с текстом. Первые два этапа данной стратегии реализуются на этапе до чтения. На послетекстовом этапе завершается работа по данной стратегии. Студент анализирует знания и навыки, представленные в графе «Знаю – Хочу узнать», заполняет графу «Узнал» с необходимыми уточнениями. В случае необходимости он дополняет графу «Хочу узнать» и работает со справочными источниками для восполнения недостающей информации.

Представленные стратегии вводятся в процесс обучения при индивидуальной и групповой работе до проверки преподавателя. Студенты автономно работают на дотекстовом, текстовом и послетекстовом этапах в рамках подготовки домашнего задания. На следующем этапе студенты работают автономно в группе, при этом преподаватель выступает в роли консультанта. Интеграция стратегий автономного чтения в процесс обучения предполагает их поэтапное введение: 1. обучение 1.1. ознакомление, демонстрация 2. совместное выполнение, тренировка 2.1 автоном-

ная индивидуальная работа (без участия преподавателя) 3. само- и взаимоконтроль 3.1 групповая работа (наблюдение преподавателя) 4. промежуточный контроль, рекомендации преподавателя 5. итоговый контроль 6. совместная корректировка (работа над ошибками, рекомендации преподавателя) 7. повторение цикла, увеличение доли автономности студентов.

Первым этапом эмпирической работы было проведение анкетирования студентов. Выборку, необходимую для исследования, составили студенты 2 курса бакалавриата факультета политологии МГИМО. Общее количество студентов составило 33 человека. Общий уровень владения языком B1+, английский изучается в качестве основного языка. Средние рейтинговые показатели 70%-85%. Опрошенные студенты проходят обучение по типовой программе английского языка для специальных целей. Цель анкетирования – выяснить, насколько студенты ознакомлены со стратегиями работы с текстом на различных этапах (дотекстовом, текстовом, послетекстовом); какие виды работ они используют чаще остальных. В анкете особое внимание уделялось стратегиям, связанным с отработкой навыков в области лексики. Вопросы анкеты: «С какой целью Вы обычно читаете иноязычный учебный текст по профессии?», «Насколько Вам легко/сложно получить общую информацию, достичь полного и точного понимания текста?», «Какие виды заданий для Вас наиболее привычны перед прочтением текста, во время и после?» Перед прочтением текста студенты выделили: мозговой штурм (66%), работу с эпиграфом (66%), анализ заголовка текста (63%), составление глоссария (54%). На текстовом этапе подбор заголовка к каждому абзацу (72%), выявление грамматических, синтаксических и прочих элементов в тексте (75%), выявление новой и повторяющейся информации (45%). На этапе после чтения наиболее распространенными заданиями являются ответы на вопросы (93%), составление аннотации (63%), составление планов, рисунков, таблиц (48%).

Таким образом, в ходе выполнения эмпирической части исследования были предложены этапы и способы введения стратегий автономного чтения профессионально-ориентированных текстов в высшей школе с учетом эффективности их применения на практике.

Библиографический список

1.Даутова, О.Б., Муштавинская И.В.Новая Идеология ФГОС: Реализация системно-деятельностного подхода в образовании, 2015. – 119 с.

2. Бурцева, Л.П. Методика профессионального обучения, Флинта Наука, 2015.- 8 с.

3.Сметанникова, Н.Н. Стратегиальный подход к обучению чтению. – М.: Школьная библиотека, 2005.-128 с.

4.Чернова Н.И., Панкова М.В. Адаптивные технологии обучения в логике формирования коммуникативной компетентности инженерных кадров для наукоемких отраслей // Мир образования - образование в мире. №2(46), 2012. - С. 100-106.

AUTONOMOUS READING STRATEGIES IN FOREIGN LANGUAGE TEACHING IN THE SYSTEM OF HIGHER EDUCATION.

© R.I.Dyatlova

Moscow Technological University, Moscow, Russia

e-mail: r.dyatlova@list.ru

Abstract. In the information society era university graduates should be prepared for perception of large amount of professionally-oriented texts in a foreign language. Teaching strategies of autonomous reading applied to professionally-oriented texts is a significant stage in the formation of information culture.

Key words. Reading strategies, autonomous reading, information society, professionally-oriented texts.

УДК 31

ПРОБЛЕМА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КОРПОРАТИВНОГО ОБУЧЕНИЯ И ОСНОВНОГО БАЗОВОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Зобкова Л.Д.

ФГБОУ ВО «Московский технологический университет», г. Москва, Российская Федерация, luba.zobkova@gmail.com

Аннотация. В статье рассматриваются актуальные проблемы российского образования, а также необходимость перехода к новой парадигме образования, основанной на взаимодействии корпоративного обучения и основного базового образования. Этот симбиоз должен включать новые принципы, функции и технологии образования в контексте инновационного развития. Автор приходит к выводу, что достигнуть такой трансформации системы образования можно только при использовании проектного подхода к разработке корпоративных образовательных программ, учитывая реальные темпы развития рынка и необходимые ресурсы для разработки обучающих курсов.

Ключевые слова: корпоративное обучение, поколения Y и Z, образование, инновационный университет, человеческий капитал

Корпоративное обучение становится необходимым условием развития и обеспечения конкурентоспособности на рынке, так как профессиональные кадры являются основным ресурсом организации и в значительной степени определяют успех всей ее деятельности. Многие исследователи отмечают, что из-за постоянного роста конкуренции и серьезного демографического спада в Российской Федерации рост сотрудников «поколения Y и Z» увеличивается, компании сталкиваются с дефицитом высококвалифицированного персонала [1, с. 16]. Одним из возможных способов решения этой проблемы является внедрение проектного подхода в смешанном варианте корпоративного обучения и создание классических корпоративных университетов на основе сотрудничества бизнеса и образования [2, с. 186-189].

Университеты XXI века должны способствовать формированию адаптивной компетенции студентов при помощи развития навыков, направленных как на повышение IQ (интеллектуального коэффициента), так и на развитие EQ (эмоционального коэффициента). Особое внимание к адаптивным способностям и эмоциональному развитию студентов вызвано усилением конкуренции в мировом масштабе, увеличением умственного и

психологического давления на обучающихся [3, с. 15].

Отечественные исследователи отмечают изменение модели взаимодействия между поколениями и индивидуальный спрос на образование. Так, для поколения Y (1980 – 2000 гг. р.) эффективны дистанционные методики образования, постоянное самообразование, стремление к балансу между личной жизнью и карьерой. В свою очередь, будущее поколение Z (после 2000 г. р.) связано с технологиями, о которых можно только догадываться [3, с. 17].

При выборе высшего учебного заведения и профессии для будущих специалистов поколения Z детерминирующим фактором является дальнейшее практическое применение полученных за время обучения знаний. Таким образом, образование «ради корочки» перестало быть целью современных людей. Это поколение «вечных студентов», бакалавриат сменяется магистратурой или другими форматами дополнительного образования [4].

Популярные проекты онлайн-образование становятся альтернативой вузовского образования. Наиболее крупным конкурентом для вузовского образования представлен проектом «Нетология-групп». Эта организация под лозунгом «Образование длиною в жизнь» предоставляет линейку онлайн-образовательных услуг пользователям от 6 лет до 25+ лет, в том числе и корпоративное обучение для персонала бизнес-организаций [5].

Целью любого корпоративного обучения является повышение эффективности бизнес-показателей в быстро меняющейся экономике, а само обучение должно быть оперативным и ориентированным на практике под конкретную задачу. Зачастую государственные учебные заведения не всегда быстро и качественно могут предложить бизнесу подобное обучение.

Основная причина связана с тем, что вузовское образование ориентировано на программы длительной фундаментальной подготовки, т.е. на «выращивание» специалиста. Для подготовки кадров по запросам предприятий вузу необходимо разработать программы, нормативные документы, внедрить их в учебное расписание, подготовить или переподготовить преподавательский состав. В то же время должны соблюдаться регламенты и нормативные ограничения, вводимые Министерством образования и науки РФ [6].

Другой важной причиной является не подходящий кадровый (преподавательский) состав вузов, вытекающий из специфики аудитории. Технологии обучения работающих, обладающих опытом корпоративного взаимодействия людей и студентов («вчерашних школьников») имеют существенные различия. Знаний предметной области уже недостаточно, необходимы преподаватели, имеющие представление о современном состоянии и специфики отрасли, из которой пришли ученики. Поиск таких кадров затруднителен для вуза, к сожалению, у большинства вузовских преподавателей отсутствует педагогический опыт передачи компетенций, необходимых сотрудникам предприятий.

Очевидно, что на сегодняшний день российские вузы не охватывают этап подготовки кадров и не способны конкурировать на глобальном рынке в отличие от западных университетов, которые, оказывая образовательные услуги, в том числе в сфере бизнес-процесса, являются еще крупными научными центрами, занимающимися исследованиями как теоретического, так и прикладного характера [7].

Для решения проблемы взаимодействия вузовского и корпоративного образования необходимо активное участие корпоративных университетов в составлении учебных программ в вузах. В процессе обучения персонала предприятий должны участвовать не только профессиональные вузовские преподаватели, но и специалисты компании, которая является заказчиком обучения, а также организации, специализирующиеся на применяемых в отрасли передовые технологии и решения. Примером такого симбиоза может послужить «Базовая кафедра Яндекс» в Высшей Школе Экономики [8].

Необходимые направления деятельности как государственных, так и частных вузов, их элементы и даже целые системы корпоративных требований следует закладывать в основное базовое образование, и в первую очередь финансировать за счет бизнес-организаций, предоставляя предприятиям услуги разработки корпоративных программ обучения. Непосредственно в организациях стоит развивать систему внутрикорпоративного обучения персонала, применяя проектный менеджмент. При разработке программ обучения сотрудников компании будут приобретать собственную образовательную базу с учетом их специфики и бизнес-процессов. В результате предприятия сформируют персонал с системой практических знаний и навыков в областях, актуальных для организации; профессионалов, с энтузиазмом работающих в команде; грамотный менеджерский состав, мотивированный на успешное ведение бизнеса.

Следует предположить, что достигнуть вышеописанных результатов возможно только при использовании проектного подхода к разработке корпоративных образовательных программ, учитывая реальные темпы развития компании и необходимые ресурсы для разработки обучающих курсов.

Библиографический список

1. Петряков П. А., Певзнер М. Н. Корпоративное обучение персонала как стратегия развития организация // Человек и образование. – Санкт-Петербург, 2009. – № 4 (21). – С. 16-20.

2. Зинурова Р.И. Формирование сети корпоративных университетов как инструмента обеспечения инновационного развития региона // Современное российское образование: проблемы и перспективы развития / Под ред. В.В. Фурсовой, О.В. Горбачевой. – М: Директ-Медиа, 2014. – С. 171 – 216.

3. Большаков А.К., Кочеткова Л.Н. Инновационный университет в новой модели экономического роста // Социальная инноватика – 2015: Материалы международной научно-практической конференции, Москва, 18-19 ноября 2015 г. М., 2015, С. 13-17.

4. Работодатель + поколение Z = ?. URL: http://neohr.ru/avtorskie-kolonki/article_post/rabotodatel-pokoleniye-z (дата обращения: 05.05.2017).

5. «Нетология-групп»: стратегия 2020. URL: https://netology-group.ru/strategy (дата обращения: 05.05.2017).

6. Как наладить взаимодействие вузовского и корпоративного образования. URL: http://iedtech.ru/files/journal/2015/4/4_2015_5-11.pdf (дата обращения: 05.05.2017).

7. Роль университетского образовательного кластера в подготовке профессиональных кадров. URL: http://elib.osu.ru/bitstream/123456789/1608/1/620-623.pdf (дата обращения: 05.05.2017).

8. Базовая кафедра Яндекс. URL: https://cs.hse.ru/big-data/yandex/ (дата обращения: 05.05.2017).

THE PROBLEM OF INTERACTION BETWEEN CORPORATE TRAINING AND PRIMARY BASIC EDUCATION

Zobkova L.D., Moscow technological University, Moscow, Russian Federation
e-mail: luba.zobkova@gmail.com

Abstract. The article discusses topical problems of Russian education, and the need to transition to a new paradigm of education based on the interaction of corporate training and primary basic education. This symbiosis should include the new principles, functions, and technology education in the context of innovative development. The author comes to the conclusion that to achieve this transformation of the education system is possible only with the use of project approach to the development of corporate educational programs, given the real growth rates of the market and the necessary resources to design training courses.

Keywords: corporate training, generation Y and Z, education, innovative University, human capital

УДК 37.03

КРЕАТИВНОСТЬ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ КАК УСЛОВИЕ ФОРМИРОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КАДРОВ

Муромцева Л.К.,

ФГБОУ ВО «Московский технологический университет», Москва, Россия, email: muromtsevalk@gmail.com

Аннотация. В статьеобосновывается необходимостьразвития креативного потенциала современных студентов. Автор рассматривает причины, которые не способствуют развитию креативности, и выделяет пути совершенствования учебно-образовательного процесса, направленного на развитие креативного мышления.

Ключевые слова: креативность, креативное мышление, образование, образовательный процесс.

Что такое креатив? Креатив (англ. *create* – сделать, создать что-то новое или оригинальное) – это процесс создания чего-либо нового относительно субъекта, совершающего действия. Креатив может носить научный, изобретательский(инженерный, художественный и т.д.)и философский характер.

Почему креатив необходим? Креативность – важнейшая черта человека, проявляющаяся в способности творить, созидать новое. Учитывая современные тенденции общественного развития, ряд исследователей полагает, что идет процесс формирования нового креативного класса (creative class). Именно он рассматривается как ключевой фактор успешного экономического развития информационного общества. Будучи основным источником креативности, «люди представляют собой важнейший ресурс общества» [1, с. 21].

Уже в детстве, воспринимая и познавая окружающий мир, ребенок обнаруживает для себя что-то новое и оригинальное, он способен создавать абсолютно новый объект и, как правило, осуществляется это в игровой форме. Об этом писал еще Ф. Ницше, выделяя три превращения человеческого духа и показывая, что только ребенок принимает мир таким, каков он есть, и может творить новые ценности в невинности и забвении, в священной бесконечной игре [2, с. 140].Существует множество примеров, подтверждающих такое явление: создание новых слов со своеобразным смыслом, механизмов, описаний увиденного и т.д.

По мере познания мира и развития («взросления») человек теряет способность смотреть на мир с «неизведанного ему угла», с удивлением. Он становится более рациональным, практичным: побеждает логика здравого смысла. Почему же так происходит и какую роль играет образование в по-

давлении креатива (креативного мышления)? К сожалению, традиционная школьная система образования подавляет креативный потенциал. Знание, как правило, носит информативный характер, главное – выучить, запомнить учебный материал, чтобы потом его пересказать. Вспомним известное еще со средневековья выражение: «Повторение – мать учения». Такой подход не привлекает учащихся к исследовательской деятельности и открытию чего-то нового, не подталкивает к изменению стиля мышления, не оставляет школьникам выбора. И когда вчерашний школьник приходит в высшее учебное заведение, где уже выбора больше, он не может реализовать себя полностью, т.к. большая или малая часть креативного потенциала к тому времени пропадает. К тому же, и здесь знания носят информативный характер, студентов сложно привлечь к исследованию того или иного предмета, многим покажется неинтересным набор фактов. А ведь интерес обучающихся напрямую пропорционален их заинтересованности в предмете. Возможность творить что-то новое есть порождение интереса, а он может возникнуть там и тогда, когда преподаватель демонстрирует не только профессиональное знание дисциплины, но и неординарность, красоту, лаконичность изучаемой науки.

Иногда бытует мнение, что креативный подход исключает логические основания, однако это не так: появление новых идей, взглядов на изучаемый объект без последовательного логического поиска, анализа и отбора новых идей невозможно. Креативный подход позволяет извлечь пользу как ученику, так и учителю, а новые идеи внесут вклад в развитие науки.

Как нужно развивать креатив? Для развития и совершенствования креативного мышления необходимо создание новой учебно-образовательной среды, разработка новых учебных методик.

Во-первых, освоение учебных дисциплин не должно носить только информативный характер, оно должно быть направлено на понимание *смысла изучаемого материала*. Осознание смысла помогает обобщить понятие объекта и искать связи между объектом с другими сферами, известными обучающемуся. Нахождение связей, в свою очередь, позволяет рассматривать данный объект по-новому.

Во-вторых, развитию креативности помогает *постановка нестандартных или измененных стандартных задач*, которая позволяет уйти от шаблонного мышления, изменить логику рассуждений или же найти несколько логических путей решения изучаемого вопроса, способствует самостоятельной постановке задач. Деятельность обучающегося приобретает исследовательский характер. Выбор направления исследований приводит к научному мышлению. Обучение такому навыку может предоставить, например философия, т.к. философские размышления наталкивают на множество идей и вопросов, к которым человек приходит самостоятельно.

В-третьих, важной частью поддержания креативного мышления может служить окружающая обстановка (чистота, оформление учебных аудиторий и т.д.) вокруг человека, которая должна отвечать эргономическим требованиям.

Обстановка может угнетать мрачными тонами или бросающейся в глаза несовершенностью, что влияет на общий настрой, а следовательно, и на способность изучать, познавать. Например, цвет стен учебных аудиторий может раздражать, а может действовать успокаивающе. Так, известно, что сочетание зеленого и желтого оказывают положительное влияние на обучаемость; желто-оранжевый свет ламп воздействует на подсознание человека гораздо благоприятнее, нежели люминесцентный белый. Если студент видит вокруг себя нечто нестандартное в окружающей предметной среде, в то же время такое, что не отталкивает его, то в таких условиях проще воображать и фантазировать.

Таким образом, главные задачи развития креативности в образовательном процесс – уход от привычного мышления, умение воспринимать явления с разных сторон, нахождение новых неординарных идей. Благодаря креативному мышлению, современный профессионал способен решать любую проблему, проявлять творческий подход к решению задач, владеть методологией поиска нового, уметь применять знания в своей деятельности [3] и, в принципе, быть незаурядной, интересной личностью. Развитие уровня креативности современных студентов – будущих профессионалов – будет благотворно влиять на развитие интеллектуального уровня общества.

Библиографический список

1. Флорида Р. Креативный класс: люди, которые меняют будущее / пер. с англ. – М.: Издательский дом «Классика-XXI», 2011. – 432 с.

2. Ницше Ф. Так говорил Заратустра // Практикум по истории философии: учеб. пособие / ред. Г.Ф. Ручкина. – М.: МИРЭА, 2011. – 186 с.

3. Матронина Л.Ф. Качество образования как условие формирования креативного этоса профессионала // Вестник Московского городского педагогического университета. Серия: Философские науки. 2016. №2(18). С. 26-33.

4. Реут Д. В. Сладкое проклятие креативности // Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций (CASC'2001). Труды 1-й международной конференции. Москва, 11-12 октября 2001 г. т.3. М.: Институт проблем управления РАН, с. 91-123.

CREATIVITY IN THE EDUCATIONAL PROCESS AS A CONDITION OF MODERN PROFESSIONALS' DEVELOPMENT

Muromtseva L. K.,
Moscow Technological University, Moscow, Russia
email: muromtsevalk@gmail.com

Abstract. The article explains the necessity of developing the creative potential of modern students. The author considers the difficulties of creativity development and demonstrates the ways of improving the educational process aimed at developing creative thinking.

Key words: creativity, creative thinking, education, educational process.

УДК 37. 378

ПОТЕНЦИАЛ ПРЕЦЕДЕНТНОГО ТЕКСТА КАК СРЕДСТВА ОБУЧЕНИЯ ИНОСТРАННОМУ ЯЗЫКУ И ИНТЕГРАЦИИ В КУЛЬТУРУ ИЗУЧАЕМОГО ЯЗЫКА.

Е.Е. Рыбакова
Московский технологический университет, Москва, Россия
e-mail: rybakova@mirea.ru

Аннотация. Данная статья рассматривает прецедентный текст не только в качестве лингвокультурной единицы, но также как элемент образовательный, позволяющий в процессе обучения более эффективно сформировать коммуникативную компетенцию.

Ключевые слова. Прецедентный текст, лингвокультура, эффективная коммуникация, компетенция.

Как известно, языковая среда довольно динамична и вариативна. Отсюда следует необходимость периодически отслеживать изменения и быть в курсе последних трендов.

Как правило, еще в самом начале образовательного процесса ставятся определенные задачи обучения – общекультурные компетенции, к примеру. Соответственно, из той или иной общекультурной компетенции (ОК) следуют методы и наполнение обучения. Так, ОК-5, являясь наиболее общей для многих направлений в рамках изучения дисциплины «иностранный язык», подразумевает способность к коммуникации в устной и письменной формах на русском и иностранном языках для решения задач межличностного и межкультурного взаимодействия. В частности, финальным этапом формирования компетенций (в качестве планируемого результата обучения) является «владеть» - владеть навыками восприятия информации на иностранном языке на слух, монологического и диалогического высказывания официального и неофициального характера в бытовой, социокультурной и учебно-трудовой сферах, используя аргументацию, эмоционально-оценочные средства.

Таким образом, перед обучающимся поставлена задача эффективно ориентироваться в языковых и профессиональных средах, достигать целей, в том числе и языковыми средствами. Эффективная коммуникация, требуемая ОК, также подразумевает способность определять и реагировать на то, что называется прецедентным текстом, в процессе, собственно, решения поставленных задач - коммуникации.

Что же собой представляет прецедентный текст? В самом общем смысле прецедентный текст – это цитата, выдержка; но данная цитата имеет лингвокультурное значение и масштаб. Термин «прецедентный текст» был впервые использован Ю.Н. Карауловым. Под прецедентным текстом он подразу-

мевал текст, хорошо известный широкому окружению личности, включая ее предшественников и современников; тексты, обращение к которым возобновляется неоднократно в дискурсе данной языковой личности [2].

Среди прецедентных текстов (ПТ) русской языковой личности можно выделить:

- названия литературных и публицистических текстов, картин, фильмов и других произведений искусства («Горе от ума», «Что делать», «Generation П», «Неуловимые мстители», «Тупой, еще тупее» и др.);

- «крылатые слова» и разного рода цитаты из произведений художественной литературы и других известных текстов, фильмов, мультфильмов, песен, рекламы (*Быть или не быть; Мой дядя самых честных правил; Не гонялся бы ты, поп, за дешевизной; Птица Говорун отличается умом и сообразительностью; Я убью тебя, лодочник; А главное - сухо*);

- реальные высказывания исторических личностей или слова, приписываемые им (*Вставайте граф, вас ждут великие дела; Звезду графу Суворову; Революция, о которой так долго говорили большевики, свершилась*) [4].

Что касается прецедентных текстов в культуре англоязычных стран, то здесь следует отметить то, что непосредственно прецедентный текст как лингвокультурная единица входит в состав прецедентных феноменов (ПФ). Помимо прецедентного текста (например, *«Imagine nothing to kill or die for»* - знаменитая цитата из песни Джона Леннона «Imagine») в ПФ входят прецедентные высказывания (например, *«All men are brothers»* - известное изречение Конфуция), прецедентные имена (например, *Bushtcher*; с помощью объединения двух лексем «Bush» и «butcher» создаётся полисемантический эффект в тексте лозунга) и прецедентные ситуации. Также интересным примером ПТ (здесь, прецедентное имя) является следующий: «When *Adam* delved and *Eve* span who was the gentleman?» - «Когда пахал Адам и пряла Ева, где стояло родословное древо?» Данная реалия используется для выражения иронического отношения к человеку, который кичится своей родословной.

Основными *источниками ПТ в англоязычной среде* являются:

1) классические и близкие к классическим произведения литературы (У. Шекспир и прецедентное высказывание – *«To be or not to be?»*);

2) кинематография и мультипликация (здесь можно привести в качестве примера названия многих фильмов; а прецедентное имя мультгероя *Шрек* является символом полного человека);

3) афоризмы;

4) песни *(«Yesterday»* Beatles);

5) рекламные тексты, анекдоты;

6) политические плакаты, лозунги (например: *«An impeachment in the hand is worth two Republicans in the Bush»* - декомпозиция синтаксической единицы «A bird in the hand is worth two in the bush» - «лучше синица в руках, чем журавль в небе») [1].

Стоит отметить тематическое сходство прецедентных текстов рус-

скоязычных и англоязычных лингвокультур, а также то, что состав прецедентных феноменов, а точнее текстов, подвижен: одни прецеденты устаревают и выпадают из употребления, а другие – появляются.

Сложность и потенциал прецедентного текста как языкового феномена заключается в том, что зачастую «узнать» его в речи (как устной, так и письменной коммуникации) довольно непросто, и тем более затруднительно будет для собеседника адекватно отреагировать на такой код. Подразумевается, что в основе любой коммуникации лежит «обоюдный код» (shared code), обоюдное знание реалий, знание предмета коммуникации. Данная проблема может частично быть решена периодическим «сканированием» (с дальнейшим разбором и реферированием) СМИ, подкастах и различных фильмах, как художественных, так и документальных.

В качестве вывода можно заключить, что с точки зрения владения языком и эффективной коммуникации, необходимо, по крайней мере, знать, что существует такая лингвокультурологическая единица. Более того, прецедентный текст способен как значительно затруднить, так и способствовать эффективной социо- и межкультурной коммуникации.

Библиографический список

1) Должикова С.Н. Прецедентные феномены в английском языке. [Электронный ресурс]. http://journal.kfrgteu.ru/files/1/2011_2_18.pdf (Дата обращения – 01.04.2017)

2) Караулов Ю.Н. Русский язык и языковая личность. [Текст] / Ю.Н. Караулов. – Изд. 6-е. – М.: Изд-во ЛКИ, 2007. – с.216

3) Костомаров В. Г. Прецедентный текст как редуцированный дискурс // В. Г. Костомаров, Н. Д. Бурвикова. Язык как творчество. - М., 1996

4) Прецедентные тексты. [Электронный ресурс]. http://www.lomonosov-fund.ru/enc/ru/encyclopedia:0127651:article . (Дата обращения – 19.03.2017)

POTENTIAL OF THE PRECEDENT TEXT AS A MEANS OF FOREIGN LANGUAGE TEACHING AND CULTURAL INTEGRATION

E. E. Rybakova
Moscow Technological University, Moscow, Russia
e-mail: rybakova@mirea.ru

Abstract. This article presents the precedent text not only as a linguistic and cultural unit but as an educational component, facilitating the formation of communicative competence in a more efficient way, as well. Possible benefits and pitfalls are considered.

Key words. Precedent text, linguistic culture, efficient communication, competence.

УДК 37. 378

ПРОБЛЕМА РЕАЛИЗАЦИИ ВОСПИТАТЕЛЬНОЙ ФУНКЦИИ ВУЗА СРЕДСТВАМИ ОБУЧЕНИЯ ИНОСТРАННОМУ ЯЗЫКУ В РАМКАХ СИСТЕМЫ НЕПРЕРЫВНОГО ОБРАЗОВАНИЯ.

Е.Е. Рыбакова, Т.В. Кудинова

Московский технологический университет, Москва, Россия
e-mail: rybakova@mirea.ru

Аннотация. Данная статья рассматривает проблему реализации воспитательной функции в современном вузе. Воспитание, являясь способом социализации и адаптации, отходит на второй план ввиду меняющихся социокультурных условий и приоритетов студентов. Работа представляет возможные способы решения проблемы.

Ключевые слова. Воспитательная функция, образовательная среда, компетенции, воспитательный процесс.

Современный вуз является, прежде всего, социокультурной средой, в рамках которой ведется непрерывный образовательный процесс – многогранный процесс формирования профессиональных компетенций. Сформированные компетенции, как известно, есть результат процесса не только образовательного, но и воспитательного.

Краеугольным камнем образования является единство воспитания, обучения и развития. Но нужно отдавать себе отчет в том, что в реальном процессе образования все указанные области связаны и представляют собой единый процесс, имеющий в последнее время актуальное значение в связи с реформированием образования, когда проблема реализации воспитательной функции в вузах стоит особенно остро.

Приметы времени, общество и новая социальная среда и явления ставят перед высшим образованием новые задачи при подготовке специалистов. Эффективность и качество образования зависят от взаимодействия обучения и воспитания. Необходимость данного взаимодействия обусловлена тем фактом, что социально-психологический портрет студенчества изменился. Студенты нынешнего поколения имеют иные моральные и жизненные критерии и ориентиры, зачастую им приходится обеспечивать себя материально, а, следовательно, они подвержены стрессам и к учебе относятся несколько пренебрежительно. Также следует отметить гиперактивный характер студентов – им все труднее оставаться сконцентрированными на задании, а преподавателю – все

сложнее удерживать внимание студентов. Данная ситуация не может не вносить коррективов в организацию учебного процесса: методы обучения не полностью отвечают требованиям времени, а требования, предъявляемые к студентам, не соответствуют их уровню знаний, умений и навыков « на входе» и «на выходе». Именно поэтому воспитание как способ социализации и адаптации в меняющемся обществе следует рассматривать в качестве одного из главных компонентов образования.

В общем смысле под воспитанием понимают трансляцию навыков и умений, как в социальном, так и педагогическом контексте. Неотъемлемой составляющей понятия «воспитание» является его аксиологическая функция, аккумулирующая в себе передачу всех «жизненноважных установок» определенного поколения, то есть это всё то, что даёт предпосылки для дифференциации студентов (по наличию и адекватности тех или иных представлений о нормах и навыков). Иными словами, при «западании» у обучающихся данного аспекта, преподаватель берет на себя ответственность за коррекцию этих установок. Таким образом, воспитание в высшей школе должно пониматься как специальная работа, направленная на становление у студентов системы убеждений, нравственных норм и общекультурных качеств, на создание условий для самореализации личности и развития с профессиональной точки зрения.

Направления процесса воспитания в вузе, по которым основные участники воспитательного процесса (а именно - студент, преподаватели и сотрудники университета и, в неменьшей степени, общество) могут следовать, - следующие:

- через учебный процесс, другими словами, во время учебных занятий;
- через внеаудиторную деятельность, то есть в свободное от учебы время.

Воспитательные же задачи (в данном случае – формирование компетенций) во время учебных занятий выполняются в скрытой форме и в открытой, целенаправленной форме. Рассмотрим возможности каждой из форм организации.

Если говорить о скрытой форме воспитательного процесса, то она представляет собой воздействие всей организации, всего хода педагогического процесса на становление профессиональных и личностных качеств студентов. Так, например, соблюдение учебной дисциплины преподавателем, заинтересованность в успехе студентов, правильная речь, хорошие манеры и тому подобное – все это имеет положительное воспитательное значение и, в идеале, формирует у студентов трудолюбие, ответственность и другие требуемые качества. Можно

сказать, что студенты на подсознательном уровне перенимают данные качества у преподавателя.

Воспитание в открытой форме подразумевает целенаправленное воздействие содержанием учебной дисциплины на становление личности студента. Например, решение проблем, исследовательская работа формируют у студентов умение самостоятельно мыслить, аргументировать, прививает вкус к научному поиску и развивает профессиональные умения.

В соответствии с основными целями воспитания выделяются следующие его направления: профессионально-трудовое, гражданско-правовое, культурно-нравственное, спортивно-оздоровительное [2], которые должны присутствовать на всех уровнях учебной и внеучебной работы: на лекциях, семинарах, производственной практике, в работе кураторов со студентами, в деятельности студенческих общественных организаций (студсоюзов, к примеру, которые имеют большую популярность и влияние на студентов).

И тем не менее, в настоящее время не в полной мере обеспечивается единство воспитательного и учебного процессов, поскольку зачастую учебная информация и формирование непосредственно профессиональных навыков отодвигают воспитание на второй план в рамках занятий. Причиной тому может служить то, некоторые преподаватели вынуждены считать воспитательную работу неприоритетной. Необходимо заметить, что в преподавании любого предмета следует использовать те материалы, которые имеют воспитательное значение. Так, например, при привлечении студентов к научно-исследовательской работе (практические занятия) личность развивается творчески, формируется система осознанных теоретических и эмпирических знаний, ответственность за выполнение учебно-производственных заданий.

Иными словами, проблема заключается в том, что воспитательная функция утрачивает актуальность ввиду изменений ценностей и приоритетов. Происходит смещение всей нагрузки на аудиторную часть программы ввиду вышеперечисленных проблем, в частности, новых приоритетов студентов.

В качестве возможных решений представляется целесообразным использовать следующее:

- портрет преподавателя в качестве примера, ценностного ориентира;
- реализация воспитательной функции в открытой, целенаправленной форме – решение задач, исследования, case study (метод разбора и анализа конкретных ситуаций) [3];
- тексты, являющиеся источником примеров ценностных ориен-

тиров (будь то пример успешного предпринимателя с набором руководств к действию или текст о выдающемся и самоотверженном ученом).

В качестве вывода следует отметить, что воспитательная работа в вузе не только создает условия для саморазвития студентов, но и ориентирует их на будущую профессиональную деятельность, иначе говоря, у студента должны формироваться не только личностные, но и профессионально значимые качества. Таким образом, целью воспитания является разносторонне развитая личность будущего конкурентоспособного специалиста с высшим профессиональным образованием. В рамках программы непрерывного образования (вуз – предприятие), в которую МТУ МИРЭА активно интегрировано.

Библиографический список

1) Цели, задачи и основные направления и формы воспитательной работы в университете. – Белгородский университет кооперации, экономики и права. [Электронный ресурс]. http://www.bukep.ru/1562/37/49 (Дата обращения – 01.06.2017)

2) Шенкнехт Ю. И., Коваль М. Ю. Реализация воспитательного компонента образования через учебные дисциплины. [Электронный ресурс]. http://altstu.ru/structure/faculty/feat/article/atf_vr1/ (Дата обращения – 30.03.2017)

3) What is a case study? [Электронный ресурс]. https://student.unsw.edu.au/what-case-study (Дата обращения – 04.06.2017)

E. E. Rybakova, T.V. Kudinova
Moscow Technological University, Moscow, Russia
e-mail: rybakova@mirea.ru

Abstract. This article considers the problem of educational function realization in the higher educational institution. Being a means of socialization process and adaptation, the educational function is being shifted to the background due to changing social and cultural terms and students' priorities. Possible ways of solving the problem are presented.

Key words. Educational function, educational environment, competences, educational process.

УДК 378.147.34

РАЗВИТИЕ МЕТАКОМПЕТЕНТНОСТЕЙ БАКАЛАВРОВ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ В РАМКАХ КУРСА "ДЕЛОВОЙ АНГЛИЙСКИЙ ЯЗЫК"

Саванчук А.С., МТУ (МИРЭА), г. Москва,
e-mail: savanchuk.alexandra@yandex.ru

Аннотация В статье рассматриваются несколько наиболее перспективных для использования на занятиях по деловому английскому языку технологий: деловые и ролевые игры, кейс-стади, "папка входящих документов", деятельностное обучение. Подчеркивается важность использования такого рода методов для формирования и развития метакомпетентностей обучающихся.

Ключевые слова: метакомпетенции, инновационные педагогические технологии, интенсивные технологии обучения

Научно-техническая революция конца XIX – начала XX вв. породила необходимость в большом числе квалифицированных рабочих, способных управлять сложной техникой. В угоду этим целям кардинально изменился характер обучения: "ремесленное" индивидуальное обучение и воспитание сменилось обучением "фабричным" — большие группы обучающихся, распределенные по возрасту подвергаются воздействию одних и тех же технологий и методик обучения для достижения чётко обозначенных педагогических целей. Так в XX веке разрабатываются в педагогике понятия "технология", "методология" обучения. Обучение из разряда "искусства" переходит в категорию производственных процессов с разрабатываемой технологией и методикой, сообразной социальному заказу. Однако, к концу XX века среди педагогов-практиков и ученых методистов (особенно фокусирующихся на высшем образовании) все большее значение приобретает тенденция к личностно-ориентированному обучению в противовес сложившейся в первой половине XX в. практике.

Социальный заказ постиндустриальной эпохи ставит во главу угла задачи формирования специалиста с развитым набором компетентностей, отвечающих требованиям соответствующей индустрии и/или сферы деятельности. Компетентностный подход позволяет разрабатывать технологии и методики преподавания, нацеленные на совершенно конкретный набор знаний, навыков и умений, которые делают специалиста востребованным на рынке труда.

1. Метакомпетенции и необходимые ресурсы

Все большее значение для работодателей в XXI веке приобретают мета-

компетенции — softskills — специалиста. Под метакомпетенциями мы понимаем такие компетенции, которые, не имея непосредственного отношения к профессиональной специализации, позволяют индивиду адаптировать имеющиеся у них знания к новым ситуациям и задачам, требующим от специалиста принятия нестандартных эффективных решений в условиях информационного дефицита, налаживать продуктивную коммуникацию с коллегами, искать способы достижения поставленных профессиональных и личных целей.

Кроме того, особое значение ввиду принципа междисциплинарности приобретает дисциплина "Деловой иностранный язык", включенная в программу подготовки бакалавров и магистров по специальностям "Экономика", "Менеджмент" и т.п. В идеале занятия по иностранному языку становятся прекрасной "игровой площадкой" на которой будущие специалисты могут применить полученные знания, умения и навыки, научиться принимать решения и действовать в новой для них нестандартной ситуации. Эта тенденция отражена в ФГОС ВО третьего поколения, где среди компетенций, над развитием которых студенты и преподаватели работают на занятиях по деловому иностранному языку, например:

-ОК-3 (готовность к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала);

- ОПК-1 (готовность к коммуникации в устной и письменной формах на русском и иностранном языках для решения задач профессиональной деятельности);

- ОПК-2 (готовность руководить коллективом в сфере своей профессиональной деятельности, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия).

Гибкость государственного стандарта ВО заключается в возможности для методиста самостоятельно трактовать содержание каждой компетенции, расширяя их первоначальные понятия, дополняя их метакомпетенциями.

Метакомпетенции междисциплинарны по своей сути и призваны обеспечить следующие способности:

1) повышенную адаптивность индивидуальных и групповых навыков;

2) повышенную предрасположенность к автономному принятию решений;

3) эмоциональную предрасположенность к работе в условиях перемен.

Принято считать, что метанавыки развиваются только лишь при использовании интенсивных технологий обучения, а потому преподаватели самых разных дисциплин должны сами владеть не только базовыми ЗУН, но и ключевыми метакомпетентностями, включающими коммуникативную, интерактивную и игротехническую.

Интенсификация методик и технологий обучения становится техно-

логически возможной также благодаря внедрению информационных технологий в процесс обучения.

Эффективная работа преподавателя в режиме такого интенсивного обучения зависит от трех условий:

1) соответствие возможностей преподавателя целям и задачам технологии (способность преподавателя выступать в различных амплуа);

2) наличие профессионального опыта участия в групповом взаимодействии;

3) личностная направленность самого преподавателя вкупе с мотивацией обучающихся.

При внедрении интенсивных технологий для развития метакомпетенций рекомендуется ориентировать используемые технологии в формате ***ABCD*:**

Audience (уровень психо-эмоционального и профессионального развития группы участников);

Behaviour (какое поведение, развитие каких умений и навыков является целью игрового занятия);

Condition (каковы условия проведения занятия);

Degree (каким должен быть уровень достижений, результат обучения).

Рассмотрим подробнее наиболее перспективные интерактивные технологии, применение которых возможно на занятиях по деловому английскому языку.

2. Виды интенсивных (интерактивных) технологий и метакомпетентности

2.1 Action learning и анализ ситуации

Наиболее продуктивным на наш взгляд является деятельностный подход к обучению – Action learning - предложенный Майклом Педлером в 1971 г. Такой подход требует не только развитых компетентностей самого преподавателя в области внедрения интенсивных технологий, возможности разделять учебные группы, но и постановки вопросов и задач в условиях неопределенности, кризиса, всеобщей вовлеченности в процесс обучения.

Работа в группе по анализу ситуации и достижения поставленных задач позволяет развить:

а) коммуникативные навыки (точно выражать свою мысль, слушать, аргументировать и контр-аргументировать и т.д.);

б) презентационные умения и навыки;

в) уверенность в себе благодаря ситуациям успеха;

г) интерактивные умения (эффективное взаимодействие с партнерами и принятие коллективных решений);

д) поисково-информационные компетенции (самостоятельный поиск необходимой информации).

2.2 Case study (кейс-стади)

Метод ситуационного обучения предполагает конструирование единичных и множественных случаев, при котором отсутствует четко выраженный набор исходных данных, которые необходимы для получения правильного решения. Ситуации всегда находятся в рамках конкретной темы, а междисциплинарный характер позволяет прорабатывать кейсы в контексте не одного лишь занятия по иностранному языку, но и всего обучения специалиста. Что касается метакомпетентностей, метод позволяет развить у обучаемых самостоятельность и инициативность, умение ориентироваться в широком круге вопросов, связанных с профессиональной деятельностью (активизировать полученные на других предметах знания).

Кейсы должные соответствовать целям обучения, быть максимально приближенными к реальной профессиональной деятельности, актуальными и предполагать разные пути для поиска вариантов решения.

2.3 Папка с входящими документами

Метод является хорошей альтернативой кейсам, наглядно воссоздавая работу офиса с многообразием документации, относящейся к повседневной деятельности менеджера. Цель упражнения для участника – в соответствии с полученными знаниями провести работу с "входящими документами" и выполнить ряд действий, принять решения, входящие в зону компетенции обучающегося, отыгрывающего данную роль.

Такую "папку" можно легко организовать с помощью простейших информационных технологий – преподаватель, настроив специальную почтовую программу может в заранее заданное время рассылать студентам по электронной почте различные письма по заданному сценарию, ранжируя письма по срочности/важности и дополняя поиск решения поставленных задач новыми порциями информации. Такая игровая ситуация может занимать, скажем, неделю перед следующим занятием в аудитории, на котором будут подведены итоги и присуждены экспертные оценки проделанным обучающимися усилиям.

Метод ставит перед собой следующие цели обучения: 1) умение отсеивать и анализировать критически важную информацию; 2) распределять свои усилия по степени важности и срочности задач; 3) способность принимать решения — каким образом работать с документами - написать памятку, служебную записку, сделать телефонный звонок и т.п.

2.4 Деловые и ситуационно-ролевые игры

Наиболее трудный для подготовки и проведения метод с длительным регламентом. Под деловой игрой понимают модель взаимодействия людей в процессе достижения экономического, политического или престижного характера. Деловая игра имитирует те или иные практические ситуации.

Участники деловой игры приобретают опыт деловой коммуникации,

овладевают социальными нормами формального взаимодействия, формируют положительные установки на внедрение инноваций, корректируют свои личные ценности и мотивации.

В отличие от деловых игр, ситуационно-ролевые игры больше направлены не на профессиональную деятельность, а на социально-психологическую подготовку обучающихся. В ролевой игре всегда наличествует многоальтернативность решений, управляемое эмоциональное напряжение и — как правило — сценарий и строго прописанные роли участников.

Заключение

В данной работе мы кратко рассмотрели четыре основных интерактивных метода (технологии), которые мы считаем наиболее перспективными для расширения рамок традиционного занятия по деловому английскому языку. Внедрение этих интенсивных технологий в программу обучения бакалавров-экономистов МТУ потребует значительных усилий профессорско-преподавательского состава по обновлению и дополнению существующего УМК.

Библиографический список

1. А.П. Панфилова Инновационные педагогические технологии: Активное обучение: учеб. пособие для студ. учреждений высш. проф. образования — М.: Издательский центр "Академия", 2012.

2. Н.Е. Щуркова Педагогические технологии: учеб. пособие для академического бакалавриата — М.: Издательство Юрайт, 2017.

3. А.Г. Азарнова Метод ролевой игры в тренинге. — СПб., 2011.

4. Педагогика профессионального образования. Учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений / Е. П. Белозерцев, А. Д. Гонеев, А. Г. Пашков и др.; Под. ред. В. А. Сластёнина. – М.: Издательский центр «Академия», 2004.

DEVELOPING SOFTSKILLS AT THE BUSINESS ENGLISH COURSES FOR ECONIMICS UNDERGRADUADES

Savanchuk A.S., Moscow Technological University, Moscow, Russia
e-mail: savanchuk.alexandra@yandex.ru

Abstract. The article considers some of the most promising technologies for apllication within a business English class: business and role games, case studies, "Inbox" folder, active learning. The author highlight the importance of such methods for developing learners' softskills - meta-competencies**.**

Key words: *meta-competencies, softskills, innovative teaching technologiesm intensive training technologies.*

УДК 378.147

ОБ АЛЬТЕРНАТИВЕ СОВРЕМЕННОЙ СИСТЕМЕ ОБРАЗОВАНИЯ

Д. В. Смирнов

Московский технологический университет, Москва, Россия
e-mail:sdvod@mail.ru

Аннотация. Рассмотрен принцип изменения взгляда на образование при подготовке профессиональных кадров в инновационном кластере. Показано, что существующая система образования губит в учениках способность к дивергенции, тем самым уменьшая их способность мыслить нестандартно. Данная статья предлагает затрагивает важный вопрос в существующей системе образования и предлагает ряд методов к его решению.

Ключевые слова. Изменение взгляда на образование, инновационный кластер, способность к дивергенции

В последние годы все больше людей задается вопросом, “Нужно ли высшее образование в двадцать первом веке?”. И данный вопрос вполне логичен, ведь с каждым годом мы наблюдаем, как все больше и больше людей достигают успеха без образования. Но почему так происходит? Может все дело в нашей системе образования? Или некоторые люди просто знают тайну функционирования в современном мире без образования? Давайте разберемся.

В настоящее время во всех странах проводится реформа системы образования. Это происходит по двум причинам. Во-первых, люди пытаются выяснить получают ли наши дети достаточно образования, чтобы занять свое место в экономике двадцать первого века. Но как это сделать учитывая, что нельзя даже предсказать “Что произойдет в экономике через неделю?”

Вторая причина культурная, во всех странах думают, - “Как научить детей сохранять культурную самобытность и сохранять своё культурное наследие, при этом не выпадая из процесса глобализации”. Каков ответ на этот вопрос? Никто толком и не знает.

Проблема в том, что детей пытаются готовить к будущему, но старыми методами, это отталкивает миллионы детей, которые не видят смысла ходить в школу или в вуз. Раньше ученикам говорили, если поступишь в вуз, получишь диплом, то обязательно найдешь хорошую работу. Современные дети в это не верят, и правильно делают. С дипломом конечно

лучше, чем без него, но диплом уже не дает ни каких гарантий. Особенно плохо если для получения высшего образования приходится отказываться от важных для себя вещей. Существует мнение, что выходом может стать повышение образовательных стандартов. Что, правда? Конечно! Не понижать же их в самом деле!?

Проблема в том, что существующая система образования разрабатывалась и создавалась для другой эпохи, она создавалась в условиях духовной культуры эпохи Просвещения и в экономических условиях промышленной революции. До середины девятнадцатого века государственной системы образования просто не существовало. Конечно, при создании данной системы было множество возражений. Некоторые утверждали, что большинству детей из рабочих семей государственное образование ничем не поможет, их невозможно обучить письму и чтению, поэтому не стоит тратить на них время. Эта идея легла в основу пирамиды представления о структуре общества, которая опиралась на экономические потребности того времени, и красной нитью шла так называемая “интеллектуальная модель разума”. Которая по сути отражала принятое в эпоху просвещения определение разума. Тогда считалось, что разум состоит из способности к определенному типу дедуктивного мышления, и знанию классики в оригинале. То, что сейчас называется академическими способностями.

В основе государственного образования лежит разделение людей на два типа. Интеллектуалы и не интеллектуалы, умные люди и не умные люди. В результате многие гении понятия не имеют о своих талантах, ведь их способности оцениваются на основании весьма одностороннего определения разума.

На данный момент система образования построена в интересах промышленности и по той же схеме. Приведу несколько примеров. Институты и школы до сих пор напоминают заводы. Звонки, гудки, отдельные корпуса, специализации по отдельным предметам. Дети до сих пор обучаются партиями по возрастным группам. Зачем!? С чего мы взяли, что в основе разделения должен быть возраст! Неужели наиболее важная характеристика ребенка - это год его выпуска? Каким - то детям одни предметы даются лучше, чем другие. Или им легче учиться в определенное время суток, или им лучше учиться в малых группах, чем в больших. Некоторым вообще удобно учиться индивидуально, при создании образовательной модели нужно уходить от мышления категориями промышленности, потому что в настоящее время всех пытаются запихнуть в определенные рамки, все более стандартизируя методы тестирования. Я считаю нужно двигаться в противоположную сторону. Именно это я имею ввиду под изменением парадигмы.

Пару лет назад было опубликовано исследование, на тему дивергентного мышления. Не путайте дивергентное мышление с творческим! Творчество – это процесс создания оригинальных идей, обладающих определенной ценностью. Дивергентное мышление, это не то же самое. Скорее это обязательное условие для творчества. Это способность находить множество решений определенной задачи. Особенность по-разному интерпретировать условие задачи, способность думать горизонтально. Мыслить не только линейно, но и перпендикулярно. Несколько решений лучше, чем одно.

Для примера придумайте как можно больше вариантов использования канцелярской скрепки. В общем не сложный вопрос, большинство людей смогут придумать от 10 до 15 вариантов, люди с высоким интеллектом смогут предложить около двухсот. При этом они задаются вопросом, - “Может ли скрепка быть сто метров в длину и состоять из пенопласта?” Ведь это все еще канцелярская скрепка, просто не похожая на другие.

В этом эксперименте участвовало полторы тысячи человек, он описывался в книге “Контрольная точка и дальше”. Если набрать определенное количество очков в тесте, можно смело считать себя гением дивергентного мышления. Попробуйте угадать, сколько людей, прошедших тесты, стали гениями дивергентного мышления? Дам подсказку, это были дети детсадовского возраста. Угадаете сколько процентов оказались гениями? Вряд ли, ведь по результатам теста ими оказались 98 процентов детей.

Особенность эксперимента заключалась в том, что он производился периодически. Через пять лет те же дети прошли его повторно, в возрасте 8-10 лет. Каковы били результаты? Гениями оказались всего 54 процента, из тех же самых детей. Наконец, когда детям было по 13-15 лет эксперимент повторили еще раз, и результаты снова ухудшились. Улавливаете закономерность? Результаты оказались весьма неожиданными, по идее с возрастом человек должен показывать все более хорошие результаты, но на основе этого эксперимента можно сделать следующие результаты.

1) У всех людей есть способность к дивергенции.

2) С годами она уменьшается.

За годы в жизни этих детей многое изменилось. Одной из наиболее значительных перемен, является получение образования. В течение 10 лет им твердили, что может быть только один ответ, и он в конце учебника. И подсмотреть его нельзя, списывать нельзя, ведь это не честно. Вообще то за пределами школы и вуза, такое тоже существует, и это называется сотрудничество.

Проблема вовсе не в учителях, а в том, что так случается, само со-

бой. Так заложено в “генах нашей системы образования”. Нам нужно менять точку зрения на человеческий разум, необходимо прекращать делить людей на способных и не способных. А знания на абстрактные, теоретические и профессиональные. Такое разделение миф. Безусловно, следует признать, что наиболее эффективно обучение в группах. Сотрудничество, залог развития! Оценивая способности каждого человека в отдельности, разделяя учеников, мы создаем своего рода барьер между ними и естественной средой обучения. Так же нужно менять саму культуру образования, структуру образовательных учреждений и их отношение к учащемся. Ведь в наше время скорость развития различных сфер жизни происходит с невероятной быстротой, меняются все сферы, кроме образования. Новым технологиям безумно сложно попасть в консервативную среду образования, новые методы учебы тоже отталкиваются ведь они “слишком выпадают из общего ряда”.

Библиографический список

1. Джордж Лэнд и Бет Джарман «Контрольная точка и дальше: освоение будущего сегодня».Издательство МИФ 2014.

ALTERNATIVE OF MODERN EDUCATION SYSTEM

D.V. Smirnov

MoscowTechnologicalUniversity, Moscow, Russia
e-mail:sdvod@mail.ru

Abstract. The principle of changing the view of education in the training of professional personnel in an innovative cluster. It is shown that the existing system of education destroys in students the ability to think. This article affects an important issue about the current education system and suggests a number of methods to solve it.

Keywords. Changing the view of education, innovative cluster, the ability to think.

УДК 378.4

ИДЕИ М.В.ЛОМОНОСОВА О ПОЛЬЗЕ ХИМИИИ КАЧЕСТВАХ СПЕЦИАЛИСТА В ЭТОЙ ОБЛАСТИ

И. Е. Соколов
Московский технологический университет, Москва, Россия
e-mail: sokolov_iliya@yahoo.com

Аннотация. Вершиной многогранной деятельности М.В.Ломоносова является создание Московского университета. Об универсальном характере творчества великого ученого свидетельствуют открытия, в том числе, в области химических наук. Его речь «О пользе химии» посвящена значению химии в жизни человека и общества, а также рассмотрению тех качеств, которыми должен обладать специалист-химик. Многие идеи М.В.Ломоносова актуальны и в наши дни.

Ключевые слова. М.В. Ломоносов, университет, химия, специалист-химик.

Во все времена химия служит человеку в его практической деятельности. Еще в древности возникли ремесла, в основе которых лежали химические процессы: получение металла, стекла, керамики, красителей. Большую роль играет химия в современной промышленности. Химическая и нефтехимическая промышленность являются важнейшими отраслями, которыетребуют подготовки профессиональных кадров. В настоящее время подготовкой специалистов высокого уровня занимается система высшего образования, одним из родоначальников которой в России является выдающийся российский ученый Михаил Васильевич Ломоносов.

«Ломоносов был великий человек… Он создал первый университет, вернее сказать, сам был первым русским университетом». Так охарактеризовал гениального русского учёного-энциклопедиста великий русский поэт А.С. Пушкин, подчеркнув его роль как учёного и просветителя. Особую роль в своей многогранной деятельности М.В.Ломоносов отводил химии как науке. Его взгляды на это выражены им самим в «Слове о пользе химии, в публичном собрании Императорской Академии наук сентября 6 дня 1751 года говоренное Михайлом Ломоносовым». Обратившись к этому тексту, можно найти удивительно актуальные идеи, характерные для развития научного знания на современном этапе.

Ломоносов впервые определил химию как науку «об изменениях, происходящих в смешанном теле». Эту науку Ломоносов представлял себе, как химические факты, объединенные математическим способом

изложения и приведенные в систему на основе представлений о строении вещества. «Бесполезны тому очи, кто желает видеть внутренность вещи, лишаясь рук к отверстию оной. Бесполезны тому руки, кто к рассмотрению открытых вещей очей не имеет» – отмечал ученый [1]. Точные опыты с чистыми веществами, с применением меры и весов, должны сопровождаться теоретическим анализом результатов. В химии он считает совершенно необходимым предварительное знакомство с теми первоначальными частичками, которые образуют все тела и от свойств которых происходят и химические свойства веществ. «Натуральные вещи рассматривая, двоякого рода свойства в них находим. Одни ясно и подробно понимаем; другие хотя ясно в уме представляем. Первые через геометрию точно размерить и через механику определить можно; при других такой подробности просто употребить нельзя: первые в телах видимых и осязаемых, другие в тончайших и от чувств наших удаленных частицах свое основание имеют»[2].Так при самом зарождении химической науки Ломоносов, сам только начинавший свой научный путь, ясно понял, что химическая теория должна строиться на законах механики и математики. Он является зачинателем многих химических производств, автором фундаментальных законов физики и химии: закона сохранения массы вещества и закона сохранения энергии, основоположником атомно-молекулярной теории строения вещества, механической теории тепла и кинетической теории газов, создателем научных основ химической науки и новой области знаний - физической химии. Современная теоретическая химия основывается на квантовой механике, для понимания которой нужно глубокое знание математики, и тем самым воочию подтверждает правоту учения Ломоносова.

В науке, по мнению Ломоносова, теория и практика неразрывно связаны. Он отмечает: «Ныне учёные люди, а особливо испытатели натуральных вещей мало взирают на родившиеся в одной голове вымыслы и пустые речи, но больше утверждаются на достоверное в искусстве. Главнейшая часть натуральной науки, физика ныне уже только на одном оном своё основание имеет. Мысленные рассуждения произведены бывают из надёжных и много раз повторённых опытов» [3]. В этой работе Ломоносов утверждает: «Истинный химик должен быть теоретиком и практиком», он называет химию наукой, а не искусством, какой она ещё считалась в те времена. Ломоносов в противоположность этому общепринятому взгляду на химию высказывает твёрдое убеждение, что «занимающиеся одной практикой – не истинные химики».

Не будучи врачом, М.В. Ломоносов писал: «Полезнейшая роду человеческому наука есть медицина. Болезни по большей части возникают от повреждений жидких материй, образующихся в теле нашем, которых

полезные и вредные перемены без химии никак испытаны быть не могут» [4]. Отсюда следует, что «медик без довольного познания химии совершенен быть не может». Причина болезней – нарушение химических процессов в организме.

С именем Ломоносова связано развитие фарфоровой, стекольной, металлургической, горнообрабатывающей промышленности. Ему первому принадлежат замечательные работы в области добычи золота.«Между художествами первое место, по моему мнению, имеет металлургия, которая учит находить и очищать металлы и другие минералы»[5]. Ломоносов первый в России создал мозаику, причём он здесь проявил не только своё искусство как художник, но прежде всего, как химик и химик-технолог. Он в своей химической лаборатории с великим упорством производит тысячи плавок для того, чтобы разработать получение цветного стекла (смальты) для мозаичных картин. Одновременно он является изобретателем красок для окрашивания стекла и фарфора. «Кто изобрести мог к долговременному и непременному пребыванию живописных вещей средства? Та же химия, которая, видя, что от строгих перемен воздуха и от лучей солнечных нежные составы ее увядают и разрушаются, сильнейшее искусства своего орудие, огонь употребила и, твердые минералы со стеклом в великом жару соединила» [6].

Ломоносов в своём «Слове о пользе химии» раскрывает важную роль в общественном прогрессе химии, указывает на ее большое практическое значение. «Широко распростирает химия руки свои в дела человеческие!» – восклицает Ломоносов. Вместе с тем он лишён ограниченности специалиста и предостерегает слушателей, чтобы они не думали, что он якобы «всечеловеческой жизни благополучие» видит в одной химии. «Имеет каждая наука равное участие в блаженстве нашем…Великое благодарение всевышнему человеческий род воздавать должен за дарованну ему к толиким знаниям способность» [7].

М.В. Ломоносов понимал науку, в качестве одной из составляющих производительных сил общества. Русский ученый возлагал большие надежды на российскую науку и предвидел времена, когда науки в родном отечестве будут двигаться вперед работами отечественных ученых. Обращаясь к творчеству М.В. Ломоносова три столетия спустя, можно сказать, что его идеи подтверждены, а заложенные им традиции продолжены в ходе общественного развития.

В настоящее время целью государственной политики в области образования является повышение доступности качественного образования в соответствии с требованиями инновационного развития экономики и современными потребностями общества. Для реализации поставленных целей необходимо решить несколько приоритетных задач, одной из которых

является расширение масштабов исследовательской деятельности в высших учебных заведениях, включая поэтапное формирование научно-образовательных комплексов мирового уровня, интегрирующих передовые научные исследования и образовательные программы. Подобный синтез науки и образования позволит решить кадровые и исследовательские задачи общенациональных инновационных проектов.

Библиографический список

1. Ломоносов М.В. Избранные труды по химии и физике: «Слово о пользе химии»/ М.В. Ломоносов. – М.: Изд. Ак. наук СССР, 1961. – 163 с.
2. Там же. 160 с.
3. Ломоносов М.В. Полное собрание сочинений. Т.1. Труды по физике и химии: «Волфианская экспериментальная физика» / М.В. Ломоносов. – М.: Изд. Ак. наук СССР, 1950. – 424 с.
4.Ломоносов М.В. Избранные труды по химии и физике: «Слово о пользе химии» / М.В. Ломоносов. – М.: Изд. Ак. наук СССР, 1961. – 165 с.
5. Там же. 167 с.
6. Там же. 171 с.
7. Там же. 174 с.

IDEAS OF M. V. LOMONOSOV ABOUT USE OF CHEMISTRY AND FEATURES OF SPECIALIST IN THIS AREA

I.E.Sokolov
Moscow Technological University, Moscow, Russia
e-mail: sokolov_iliya@yahoo.com

Abstract. The summit of M.V. Lomonosov's comprehensive activity is the founding of Moscow State University. The discoveries including the area of chemistry testify to universal nature of creative work of a great scientist. His speech "On use of chemistry" is devoted to the role of chemistry in the life of individual and society and also consideration of the features that a chemist must have. Many ideas of M.V. Lomonosov are topical nowadays.

Keywords.M.V. Lomonosov, University, chemistry, chemist.

УДК: 811.112.2 + 81.26

УПОТРЕБЛЕНИЕ СТИЛИСТИЧЕСКИХ ФОРМ ДВОЙНОГО ОТРИЦАНИЯ КАК СРЕДСТВА ЯЗЫКОВОЙ КОММУНИКАЦИИ НА ПРИМЕРАХ МАТЕРИАЛОВ СОВРЕМЕННОЙ НЕМЕЦКОЙ ПРЕССЫ

© Дмитриева В.А., Афонченкова Ю.В.

Московский государственный лингвистический университет,
Москва, Россия, *e-mail: varvara724@gmail.com*

Аннотация. В работе представлен аналитический обзор и анализ научных трудов, посвященных вопросам употребления отрицания в текстах современной немецкой прессы. Рассмотрена этимология двойного отрицания. Исследованы эксплицитные стилистические формы двойного отрицания как средства языковой коммуникации.

Ключевые слова. Двойное отрицание, языковая коммуникация, немецкая пресса, лингвостилистический прием.

Отрицание является сложной категорией немецкого языка и изучается не только в лингвистике, но также в философии, логике и психологии, так как оно играет важную роль при определении противоположных понятий, процессов и явлений. В лингвистике под отрицанием понимают «… категорию выражения определенных языковых средств негативных связей между понятиями …» [1].

Языковые формы в различных лингвистических группах образуют ряд особенностей их употребления, как например, двойное отрицание в немецком языке, которое, кроме всего прочего, встречается и в других индоевропейских группах. В отличие от восточнославянских и романских языков, отрицание в немецком языке, также, как и в английском, имеет принципиальную особенность: несмотря на то, что в немецком языке может отрицаться любой член предложения и любая часть речи, для простого предложения допустимо употребление только одного отрицания, представляющего собой грамматическую конструкцию из слов с негативным значением: *nein, nicht, kein, niemals, niemand, nichts* и др. При этом вопреки грамматическим нормам немецкого языка, двойное отрицание употребляется в редких случаях и используется в качестве стилистического приема утверждения или его усиления, построенного на логической инверсии языковых средств выражения отрицания.

Современные исследователи в области лингвостилистического анализа немецких текстов под явлением «двойного отрицания» понимают особый конструктивный способ употребления отрицания, при котором

общее отрицание выражается двумя средствами отрицания в едином предложении при различных членах этого предложения. При этом само предложение может, как изменять отрицательный характер на положительный (первый способ употребления двойного отрицания), так и не изменять его ввиду того, что используемые в нем отрицания могут не подчиняться принципу взаимоуничтожения и, наоборот, усиливать отрицание в предложении (второй способ употребления двойного отрицания).

1. Первый способ употребления двойного отрицания – «утверждение»

Рассмотрим два основных случая взаимоуничтожения двух отрицаний в современном немецком языке. [1].

Первый случай. Так, частица *nicht*, употребляемая наряду с префиксом *un-*, дает утверждение, что можно сказать и о взаимодействии отрицания с суффиксом *-los* или предлогом *ohne*. Данный случай взаимоуничтожения двух отрицаний свойственен современному немецкому языку, о чем свидетельствуют работы исследователей А. Энгелина, Ф. Блаца [1]. При этом иногда имеет место ослабленное утверждение: например, А. Энгелин пишет, что *nicht ungelehrt* в явном виде не обозначает четкое понятие *gelehrt* (образованный), и может быть истолковано как неопределенно средний критерий оценки образованности человека [1]. Также наиболее часто встречаются примеры с отрицанием *nicht и* префиксом *un-*, входящим в предикативное прилагательное, предикативное определение или наречие, являющееся обстоятельством качества: *Es war nicht unbequem fьr sie* (Это было вполне удобно для нее); *So unmцglich wдre es nun wohl nicht* (Это, пожалуй, не было бы настолько невозможным). Префикс *un-* может входить и в именной компонент глагольного сочетания: *Die Mцnche im Mittelalter hatten so ganz Unrecht nicht* (В средневековье у монахов не было подобного рода беззаконий). Такое же взаимоуничтожение отрицаний может иметь место при определении: *Sie ist gar nicht unschцne Frau* (Она вовсе не некрасивая женщина); *In einer GroЯen Koalition hatte Stoiber gar nicht unrecht* (В Большой коалиции Штойбер вовсе не был не прав).

Реже встречаются предложения, где одним из отрицательных элементов является суффикс *-los*: *Das wьrde den Menschen das Gefьhl geben, dass sie in dieser Situation nicht hilflos sind* (Это дало бы людям чувство, что они не беспомощны в этой ситуации). При этом очень часто ослабленное утверждение получается благодаря взаимодействию отрицания *nicht* и предлога *ohne*: *Der Verdacht kommt nicht ohne Grund* (Подозрение возникает не без причины). Кроме того, вместо частицы *nicht* может выступать и другое средство отрицания: *Eine Bewertung sollte nie ohne ein Ziel durchgefьhrt werden* (Оценка никогда не должна была проводиться без цели).

Второй случай. В современном немецком языке также встречаются

сложноподчиненные предложения, в которых взаимоуничтожение отрицаний образуется между главным и придаточным предложением. Однако из-за ограниченного объема материалов исследования в этой области трудно классифицировать все типы придаточных предложений, при которых возможно взаимодействие отрицаний. Можно отметить, что в этих случаях взаимодействие какого-либо отрицания в придаточном предложении с отрицательным местоимением *kein* (ни один) в главном предложении дает противоположное значение: *Es gab keine ц̈ffentliche Veranstaltung in der Stadt, bei der er nicht eine Rolle gespielt hдtte* (В городе не было ни одного общественного мероприятия, в котором бы он не играл роли); *Es stand kein Wort in seinen Bьchern, das er nicht mit gutem Gewissen hдtte vertreten kцnnen* (В его книгах не было ни одного слово, которое он не смог бы заменить с чистой совестью).

Другие обобщающие отрицания выражают точно так же безисключительность и категоричность утверждения: Er kehrt nie von seiner Reise wieder, dass ihm nicht ein Drittel seiner Sachen fehle (Он никогда не возвращается из поездки, если треть его вещей отсутствует) [2]. В предложении также может быть употреблено отрицание *nicht*: *Ich sehe nicht ein, weshalb es nicht weiter fortgehen soll* (Я не понимаю, в связи с чем это не должно продолжаться дальше). Здесь взаимоуничтожение отрицаний выражает умеренное утверждение, допущение. Вместо придаточного предложения, второе отрицание может входить в состав обособленной синтаксической группы, причем отрицанием в этой группе обычно является союз *ohne*: *Mein Zimmer darf niemand betreten, ohne mich danach zu fragen* (В мою комнату никто не может войти, не спросив меня об этом). Таким образом, случаи взаимоуничтожения отрицаний в главном и в придаточном предложении показывают, что не всякое сложноподчиненное предложение, содержащее отрицания и в главном, и в придаточном предложении бывает по своему значению отрицательным. Такое сложноподчиненное предложение выражает утверждение.

2. Второй способ употребления двойного отрицания – «усиление»

Рассмотрим второй способ употребления конструкций предложений с двойным отрицанием, когда несколько отрицаний в одном предложении не подчиняются принципу взаимоуничтожения а, наоборот, усиливают смысловую негацию. Конструкции с многократным отрицанием в одном предложении употребляются в трех основных случаях [3]:

Первый случай. Для экспрессивного отрицании в одном предложении допустимо как повторение одного отрицания, так и употребление различных отрицаний, например: *Und keiner, keiner konnte ihm helfen!* (Никто, никто не мог ему помочь!); *Mit dieser Lцsung hдtten wir nie und nimmer gerechnet* (Мы ни за что не рассчитывали бы на это решение); Schweig, *nichts, kein Wort!* (Молчи, ничего, ни одного слова!).

Второй случай. Построение предложения с неоднократным отрицанием может быть образовано путем отрицания однородных членов этого предложения, например: *Sie konnte vor Schreck nicht sprechen, ьberhaupt nicht reagieren* (От испуга она не могла ни говорить, ни реагировать); *Kein trostreiches Wort und keine Liebkosung konnten sie beruhigen* (Ни утешительное слово, ни ласка не могли успокоить ее).

Третий случай. Усиление смысловой негации возможно при наличии в предложении отрицания *nein*, например:

– *Hast du meinen Auftrag vergessen?* (Ты забыл о моем поручении?)
– *Nein, ich habe ihn nicht vergessen* (Нет, я не забыл).

Из анализа рассмотренных примеров можно сделать вывод, что двойное отрицание находит применение не только в особых случаях построения утвердительных предложениях, но и часто используется в качестве усиления общего отрицания. Тем не менее, современный немецкий язык отличается мононегативностью, поэтому, вопреки грамматическим нормам немецкого языка, двойное отрицание в нем употребляется в редких случаях и используется в качестве стилистического приема утверждения – взаимоуничтожения отрицаний или его усиления, построенного на логической инверсии языковых средств выражения отрицания.

3. Исследование употребления лингвостилистических приемов двойного отрицания в современной немецкой прессе

Стилистическое употребление двойного отрицания в текстах немецкой прессы встречается довольно часто, однако мало исследовано, несмотря на то, что в немецком языке, согласно грамматическим нормам, в предложении может стоять только одно отрицание.

Основная цель лингвостилистического исследования в работе направлена на изучение и выявление способов и текстовых источников употребления двойного отрицания в материалах современной прессы на примере популярных газетных и журнальных печатных и электронных изданий. Здесь рассматриваются особенности использования двойного отрицания в газетах информационно-аналитического и художественно-публицистического характера, а также журнальных изданиях научно-популярного, литературно-художественного и общественно-политического жанра. В качестве газет выбраны следующие известные периодические издания за последние 3 года: *Die Zeit*, *Die Welt*, *Der Tagesspiegel*. В качестве журналов выбраны следующие актуальные издания за последние 3 года: *Stern*, *Focus Magazin*, *Spiegel*.

Предлагаемый в работе концептуальный подход выбора различных публицистических изданий СМИ в процессе исследования предполагает исключение фактора принципиального единоавторства опубликованных материалов, что может свидетельствовать о достоверности селективной этимологии употребления приемов двойного отрицания в независимых ре-

дакциях и изданиях независимыми авторами.

Употребление двойного отрицания в немецком языке косвенным образом служит для смысловой эмоциональной передачи определенных мнений и событий, обособляя и разбавляя устойчивые лексические и стилистические обороты классической немецкой грамматики, приближая «сухой» текст публицистических статей, новостей, интервью и их заголовков к речевому обиходу «живого» общения журналиста с читателем.

Для повышения статистической производительности объема аналитических исследований, наравне с классическими подходами, в работе была предложена принципиально эффективная методика автоматизированного поиска лингвостилистических оборотов двойного отрицания на базе электронных информационных ресурсов заявленных периодических изданий в сети Internet. Ниже, в таблице представлены некоторые результаты проведенных лингвостилистических исследований, которые не просто подтверждают принципиальный факт использования двойного отрицания в материалах современной немецкой прессы, но и также отражаю структуру встречаемых грамматических конструкций, способов и места их употребления в различных газетно-журнальных рубриках.

Таблица 1. Лингвостилистические конструкции бинегативного отрицания.

№	**Пример**	**Перевод**	**Конструкция и способ употребления**	**Источник и рубрика СМИ**
1	**Ohne** Innovationen ist Fortschritt **nicht** mцglich [4].	Без инноваций прогресс невозможен.	ohne + nicht (утверждение)	Spiegel (журнал, реклама)
2	Die Polizeisperren bleiben auch fьr unbeteiligte Bьrger **nicht ohne** Folgen [5].	Выставленные оцепления полиции остаются не без последствий для свободного прохода граждан.	nicht ohne (утверждение)	Die Zeit (газета, раздел новостей)
3	In einer GroЯen Koalition hatte Stoiber gar **nicht un**recht [5].	В Большой коалиции Штойбер вовсе не был не прав.	nicht un- (утверждение)	Die Zeit (газета, раздел новостей)
4	Frauen sind **nicht** hilf**los** [5].	Женщины не беспомощны.	nicht -los (утверждение)	Die Zeit (газета, раздел новостей)
5	Das Projekt war fьr ihn **kein Miss**erfolg, sondern ein erfolgreicher Testlauf [6].	Этот проект был для него не провалом, а успешным пробным запуском.	kein miss- (утверждение)	Der Tagesspiegel (газета, комментарий)
6	In Afrika kommen die Kinder **nie** zu spдt zur Schule, sondern ьberhaupt **nicht** [7].	В Африке дети никогда не опаздывают в школу, потому что они туда не ходят.	nie nicht (усиление)	FOCUS Online (журнал, социальная реклама)

7	**Kein** Spielzeug, **kein** Abendessen, **keine** Geburtstagsfeier [8].	Ни игрушек, ни ужина, ни празднования дня рождения.	kein (повторение одного отрицания, усиление)	Stern (журнал, заголовок статьи)
8	**Nie** wieder **ohne** [8].	Без этого уже никогда не обойтись.	nie ohne (усиление)	Stern (журнал, заголовок статьи)
9	Sie war **nicht miss**-trauisch, weil sie nie zuerst von anderen Bцses denkt [8].	Она не была недоверчивой, так как изначально ничего плохо не думала о других.	nicht miss- (утверждение)	Stern (журнал, интервью)
10	Analphabetismus ist **kein un**abdnderliches Schicksal [6].	Оставаться неграмотным нельзя.	kein un- (утверждение)	Der Tagesspiegel (газета, раздел новостей)
11	Ein Blackberry wdre **kein** Blackberry **ohne** “echte” Tastatur [9].	Блэкберри не был бы Блэкберри без «настоящей» клавиатуры.	kein ohne (усиление)	Die Welt (газета, реклама)
12	**Nicht un**erwdhnt blieb der seit Jahren bekannte Mangel an sozial gefцrderten Wohnungen [9].	Нельзя не упомянуть известный с давних пор недостаток в предоставлении социального жилья.	nicht un- (утверждение)	Die Welt (газета, репортаж)

Заключение

По результатам проведенных лингвостилистических исследований, посвященных вопросам употребления двойного отрицания в материалах современной немецкой прессы, можно сформулировать следующие выводы:

- вопреки грамматическим нормам немецкого языка, двойное отрицание употребляется в редких случаях и используется в качестве стилистического приема утверждения или усиления;
- специфика употребления двойного отрицания отражается на следующих уровнях немецкого языка: грамматический, лексический, стилистический;
- среди проанализированных материалов прессы наиболее ярко встречаются следующие лингвограмматические конструкции двойного отрицания: *ohne + nicht, nicht ohne, nicht un-, nicht -los, kein miss-, nie nicht, nicht miss-, kein un-, kein ohne*;
- прием «двойного отрицания» косвенным образом служит для смысловой экспрессивной, эмоциональной передачи или описания определенных мнений и событий, обособляя и разбавляя устойчивые лексические и стилистические обороты классической немецкой грамматики, приближая «сухой» текст публицистических статей, новостей, интервью и их заголовков к речевому обиходу «живого» общения журналиста с читателем;

- прием «двойного отрицания» используется в следующих газетно-журнальных рубриках: новости, реклама, комментарий, интервью, репортаж. Кроме того, двойное отрицание также встречается непосредственно в самих заголовках перечисленных газетно-журнальных рубрик.

Библиографический список

1. Булах Н.А. Средства выражения отрицания в немецком литературном языке. – Ярославль: ЯГПИ им. К.Д. Ушинского, 1962. – 327 с.
2. Пономарева Х. Отрицание в немецком языке. Уч. пособие. – М.: Просвещение, 1983. – 64 с.
3. Sanders, D. Deutsches Wörterbuch, Bd. I, II, Leipzig. – 1876.
4. DER SPIEGEL online [Internetquelle]. - URL: http://www.spiegel.de/ (Abrufdatum: 5.02.2017).
5. Die Zeit [Internetquelle]. – URL: http://www.zeit.de/index (Abrufdatum: 18.03.2017).
6. Der Tagesspiegel [Internetquelle]. – URL: http://www.tagesspiegel.de/ (Abrufdatum: 5.02.2017).
7. Focus online [Internetquelle]. – URL: http://www.focus.de/ (Abrufdatum: 18.03.2017)
8. Stern [Internetquelle]. – URL: http://www.stern.de/ (Abrufdatum: 18.03.2017).
9. Die Welt [Internetquelle]. – URL: https://www.welt.de/ (Abrufdatum: 15.03.2017).

THE USE OF STYLISTIC FORMS OF DOABLE NEGATION AS THE LANGUAGE COMMUNICATION BASED ON MODERN GERMAN MEDIA MATERIALS

© Dmitrieva V.A., Afonchenkova Yu.V.
Moscow State Linguistic University, Moscow, Russia
e-mail: varvara724@gmail.com

Abstract. The paper presents an analytical review and analysis of scientific papers on the use of doable negation in the texts of the modern German press. The etymology of doable negation is considered. Explicit stylistic forms of double negation as a means of language communication are explored.

Keywords. Doable negation, language communication, the German press, a linguistic method.

УДК: 1174

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРИНЦИПА ИНТЕРАКТИВНОСТИ В ПРЕПОДАВАНИИ РУССКОГО ЯЗЫКА КАК ИНОСТРАННОГО В УСЛОВИЯХ ПОЛИКУЛЬТУРНОГО УНИВЕРСИТЕТСКОГО КЛАСТЕРА

Ульянова Э.Ф., Курсевич Д.В., Манджиев А.А.

Московский технологический университет, г. Москва
asadullina@mirea.ru, kursevich@mirea.ru, mandzhiev@mirea.ru

Аннотация. В данной статье описывается реализация принципа интерактивности преподавания русского языка как иностранного в условиях поликультурного учебного пространства. Анализируются современные интерактивные технологии в преподавании иностранного языка. Приводятся примеры интерактивных заданий по грамматике русского языка.

Ключевые слова: принцип интерактивности, поликультурное учебное пространство, игровые технологии, компьютерные технологии.

За последние десятилетия популярность русского языка в мире заметно возросла. Одним из основных направлений популяризации является сфера высшего образования, предоставляющая возможность иностранным студентам обучаться в российских университетах как на бюджетной, так и на платной основе. Поскольку иностранные граждане, прибывающие на обучение в Россию, чаще всего не владеют русским языком или владеют им на уровне, не достаточном для поступления в высшее учебное заведение, актуальным становится преподавание русского языка как иностранного на подготовительных факультетах и отделениях.

Интересно отметить, что в состав групп на подготовительном факультете в большинстве случаев входят слушатели из разных стран, владеющие разными языками, а также имеющие различный культурный фон, что может стать значительной проблемой для преподавателя. В условиях такого поликультурного учебного пространства возрастает необходимость усовершенствования технологий преподавания русского языка как иностранного. Приоритетной задачей преподавателя становится обучение не столько аспектам языка, сколько умению осуществлять коммуникацию в поликультурной среде.

Одной из современных тенденций обучения иностранным языкам является принцип интерактивности, который предполагает постоянное взаимодействие преподавателя и студентов, выражающееся в непосредственной межличностной коммуникации, или в «межсубъектном взаимодействии педагога и учащихся по созданию оптимальных условий своего развития» [1]. В своей педагогической практике мы используем интерактив-

ные технологии на протяжении всего процесса обучения, начиная с фонетики и заканчивая обучением составлению связного текста. Основу интерактивных занятий составляют игровые задания с использованием визуального материала, диалогов, игровых карточек и пр.

Принцип интерактивности в преподавании русского языка как иностранного подразумевает под собой систему организации учебного процесса с использованием игровых технологий, повышающих эффективность познавательно процесса [2]. Благодаря интерактивной организации учебного процесса, учащиеся получают возможность применять полученные знания в различных ситуациях общения, как естественных, так и искусственно созданных. В процессе обучения создается среда в которой исключается доминирующая роль любого участника учебного процесса [3]. Это помогает создавать атмосферу непринужденности, доброжелательности и взаимной поддержки, что позволяет лучше усваивать новый материал. Кроме того, стремление к кооперации и сотрудничеству в процессе обучения повышает мотивацию к осуществлению познавательной деятельности.

Комплексность интерактивно-коммуникативного подхода заключается в использовании интерактивных коммуникативных технологий на всех этапах подготовки учащихся. Рассмотрим принцип реализации интерактивно-коммуникативного подхода на примере технологий обучения грамматике русского языка.

Интерактивно-коммуникативный подход к обучению грамматики предполагает наглядную демонстрацию преподавателем ситуаций использования той или иной грамматической конструкции, а также искусственное создание в рамках урока ситуаций общения, в которых учащиеся будут вынуждены употреблять изучаемую грамматику. К примеру, при изучении предложного падежа в значении места создаются ситуации, в которых иностранцы должны ответить на вопросы о местоположении различных предметов (где ручка? – на столе; где книга? – в сумке; где вы живете? – в общежитии). Подобные ситуации могут создаваться как преподавателем (в виде опроса), так и самими студентами (в виде учебного диалога). Приведем несколько коммуникативных упражнений для освоения грамматики русского языка как иностранного, которые были использованы нами при обучении слушателей подготовительного отделения.

Грамматическая тема	Способ закрепления грамматической темы в коммуникации
Это + N1. Pron. + N1. Пример: Это мама. Она журналистка.	Для освоения данной конструкции вводится вопрос «Что это? / Кто это? / Кто он/она?». 1. На каждый предмет в классе наклеивается карточка с названием предмета. Учащиеся спрашивают друг друга названия предметов и отвечают на

	вопросы, перемещаясь по классу и читая то, что написано на карточке. 2. Студенты учат названия фруктов и овощей (при этом используется наглядный метод: картинки, фотографии, пластиковые фигуры продуктов). Затем группа делится на две команды. Преподаватель поочередно показывает карточки (фотографии, фигурки) с изображением продуктов, задавая вопрос «Что это?». Каждая команда записывает ответ на отдельном листе, используя конструкцию «Это+N1». Побеждает команда, у которой больше правильных ответов. 3. Каждый студент приносит фотографию своей семьи или друзей (на фотографии должно быть не менее 4 человек). Учащиеся разбиваются на пары, затем задают друг другу вопросы о людях на фотографии (Кто это? – Это папа. Кто он – он инженер). Для контроля правильности выполнения упражнения преподаватель просит каждого студента рассказать о фотографии своего партнера. Данное упражнение проводится после изучения лексических тем «Семья» и «Профессия».
Спряжение глагола	1. Учащиеся смотрят небольшой видеоролик (может быть взят фрагмент из фильма или мультфильма) с несколькими героями. Преподаватель останавливает видеоролик каждый раз, когда меняется действие героев, и задает вопрос «Что он/она делает?», «Что они делают?». Учащиеся описывают действие: «Он пишет», «Она смотрит телевизор», «Они говорят». При этом студентам не обязательно понимать содержание разговоров видеоролика. Преподавателю необходимо заострить внимание иностранцев лишь на действии, происходящем на экране. 2. Студентам предлагается описать свои собственные ежедневные действия: «Я встаю, одеваюсь, умываюсь, завтракаю, иду в институт. Здесь мы учимся, говорим, пишем, читаем, играем, слушаем, обедаем. Потом я иду домой, занимаюсь, гуляю, ужинаю, сплю». Для активизации внимания учащихся можно попросить их рассказать о действиях друг друга. 3. Один из учащихся показывает различные действия, остальные студенты описывают эти действия словами: «Он бежит. Он читает. Он пишет. Он стоит».

Предложный падеж (значение места)	Для первоначального знакомства с данной грамматической темой вводится вопрос «Где?». 1. Преподаватель показывает студентам картинку с изображением какого-либо интерьера и спрашивает студентов о местонахождении того или иного предмета: «Где ручка? – На столе. Где стол? – На полу». Могут также описываться предметы в классе. 2. Студенты разбиваются на пары, каждая из которых составляет диалог о том, где участники диалога совершают различные действия: «Где ты живешь? – В Москве, в общежитии. Где ты спишь? – В спальне. Где ты учишься? – В университете». 3. Студенты по очереди загадывают друг другу местоположение, используя вопрос «Где?» / «Где находится?»: «Где люди спят? – В спальне. Где люди пишут? – На доске, в тетради. Где находится Санкт-Петербург? – На западе».
Предложный падеж в конструкции «О+ N6»	1. Студенты рассказывают друг о друге, начиная с фразы «Мне кажется, он думает о…, мечтает о…, любит читать о…, пишет письма о…, любит рассказывать/говорить о…». Затем учащиеся говорят, правильно или неправильно о них рассказывали другие студенты: «Мне кажется, он думает о работе. – Нет, я думаю о семье». 2. Преподаватель предлагает учащимся обсудить вопросы: - О чем люди мало/много думают? - О чем мечтают студенты? - О чем читают дети/взрослые? - О чем/ком заботятся политики / экономисты / художники? - О чем говорят женщины / мужчины? и т.п.
Глаголы движенияс приставками	1. Преподаватель просит студентов рассказать, где они были в Москве и как туда добраться от университета / общежития / любого другого места (например, от какой-либо станции метро). 2. Студенты рассказывают историю по картинке (готовой или нарисованной на уроке), используя глаголы движения с приставками. 3. Студентам выдается карта одного из районов Москвы. Преподаватель загадывает объект на карте и отправной пункт. Студенты должны описать са-

	мый короткий и самый длинный маршруты от отправного пункта до объекта. 4. Студенты работают с картой. Один из учащихся загадывает объект и объясняет, как до него добраться от отправного пункта. Остальные учащиеся отгадывают называние объекта. 5. Студенты рисуют карту одной из частей своего родного города или выдуманную местность, затем делятся на пары и составляют диалоги, суть которых заключается в объяснении маршрута по нарисованным картам. 6. Преподаватель отправляется со студентами на экскурсию. Во время экскурсии студенты комментируют свои действия, используя глаголы движения.
Сравнительная степень прилагательных	1. Преподаватель рисует на доске две фигуры (людей, животных, предметы). Студенты по очереди называют по одному отличию фигур. Учащийся, который не может назвать отличие, выбывает из игры. При этом повторения форм компаратива не допускаются. 2. Учащиеся рассказывают о своей семье, сравнивая членов семьи между собой: «У меня есть брат. Его зовут Том. Он младше меня. Я старше его. Я выше Тома. Том ниже меня. Том учится лучше, но я учусь дольше». 3. Учащиеся сравнивают жизнь прошлого века с современной жизнью (жизнь в разных городах, странах, районах города): «Раньше жизнь была дешевле, медленнее, интереснее. Сейчас жизнь дороже, быстрее, скучнее».
Формы императива	1. Учащиеся дают советы друг другу, используя формы императива: «Джон, занимайся больше, ложись спать рано, вставай рано, не опаздывай». 2. Преподаватель выводит из аудитории одного из студентов, затем прячет какой-либо предмет в классе и просит оставшихся студентов составить длинный маршрут до этого предмета. Затем отсутствующий студент входит в класс и получает указания от учащихся о том, как найти предмет: «Иди прямо, поверни направо, дойди до доски, поверни налево, дойди до парты, сядь на стол, наклонись, ищи предмет на полу».

Кроме того, принцип интерактивности реализуется путем использования интерактивных компьютерных технологий (электронных обучающих программ, дистанционных курсов, электронных словарей коммуникативной направленности), а также игровых технологий, в основе которых лежит стремление к воссозданию искусственной коммуникативной среды.

Новейшие интерактивные компьютерные технологии, такие как современные социальные сети и мессенджеры значительно увеличивают время общения и позволяют преподавателю оставаться на связи с учащимися и во внеклассное время. Преимущество подобных технологий заключается в возможности преподавателя контролировать письменную разговорную речь учащихся, в создании непринужденной обстановки общения, где каждый студент может взаимодействовать с преподавателем и другими студентами, когда и где ему удобно. При этом учащиеся имеют достаточно времени на перевод трудных для них слов и словосочетаний, в то время как в устном общении замедление процесса коммуникации часто приводит к потере интереса собеседников к предмету разговора и, как следствие, возникновению психологического барьера.

В процессе обучения на подготовительном отделении будущих иностранных студентов российских университетов нами было создано несколько интерактивных виртуальных групп в мессенджере What's app в соответствии с уровнем владения русским языком. Группы были созданы с целью решения различных организационных вопросов, однако позже было установлено, что подобные интерактивные технологии являются отличной образовательной площадкой, способной повысить мотивацию учащихся к вербальному и невербальному взаимодействию. Характер неформального общения позволяет студентам проявлять собственную инициативу в выборе разного рода коммуникативной активности. Учащиеся имеют возможность задавать тему беседы, обмениваться образовательным материалом (в особенности мультимедийным), играть в лингвистические игры и т.п. Роль преподавателя заключается в поддержании благоприятной коммуникативной атмосферы и корректировки ошибок, допускаемых студентами. Кроме того, преподаватель также проявляет активность в создании новых тем для беседы или языковых игр.

Приведем пример некоторых языковых игр, проводимых нами с использованием интерактивных компьютерных технологий:

1. «Игра в слова». Это один из самых простых способов активизировать словарный запас учащихся. Суть игры заключается в написании слова, начинающегося с конкретной буквы. Данная игра наиболее эффективна в группах с начальным уровнем владения языка, когда составление связного текста вызывает некоторые трудности. На продвинутом уровне игра в слова может быть усложнена путем наложения тематического или грамматического ограничения на используемую лексику.

2. «Что я вижу?». Данная игра направлена на тренировку использо-

вания винительного падежа существительных и прилагательных. Студентам предлагается описать картинку или фотографию, используя конструкцию «Я вижу + N4».

3. «Давай расскажем историю». Игра предназначена для развития навыков составления связного текста. Используя голосовые сообщения, студенты поочередно обмениваются высказываниями, совместно составляя рассказ о чем-либо. Когда история составлена, студенты записывают ее по памяти. Победителем является учащийся, не допустивший ошибок при записи. Преподаватель может также предложить студентам составить историю на определенную тему / с использованием конкретных слов и словосочетаний / с использованием определенных грамматических конструкций.

4. «Отгадай, где я». Игра направлена на активизацию словарного запаса, множественное число существительных и повторение предложного падежа. Студенты описывают предметы, которые находятся вокруг них, а также свое положение в пространстве. Остальные участники должны отгадать местоположение студента. Например: «Я сижу, рядом стулья, столы, шкаф, доска. Где я?» - «В классе».

В своей статье мы привели лишь несколько примеров реализации принципа интерактивности в обучении русскому языку как иностранному, в то время как педагогические возможности в этой области практически безграничны.

Библиографический список

1. Кашлев С.С. Технология интерактивного обучения. – Минск: Белорусский верасень, 2005. – 176 с.

2. Старченко Д.В. Интерактивные технологии в обучении иностранным языкам // Труды БГТУ. Серия 5: Политология, философия, история, филология – Минск: БГТУ, 2014. – С. 165 – 167.

3. Шашко Н.В. Современные интерактивные педагогические технологии обучения на уроках английского языка // Электронный ресурс: http://www.uchportal.ru/publ/23-1-0-4416 (дата обращения: 10.04.2017).

REALIZING THE INTERACTIVITY PRINCIPLE WHEN TEACHING RUSSIAN AS A FOREIGN LANGUAGE WITHIN THE MULTICULTURAL UNIVERSITY CLASTER

Abstract. The article describes the implementation of the interactivity principle in teaching Russian as a foreign language in a multicultural learning environment. The author analyzes modern interactive technologies in the foreign language teaching. The examples of the interactive Russian grammar tasks are given.

Key words: the principle of interactivity, multicultural learning environment, gaming technologies, computer technologies.

УДК 378.096

ФОРМИРОВАНИЕ СОЦИОКУЛЬТУРНОЙ КОМПЕТЕНЦИИ У МАГИСТРАНТОВ НЕЯЗЫКОВОГО ВУЗА

@ М.В.Рыбакова

Московский технологический университет, Москва, Россия
e-mail: mv.rybakova@mail.ru

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы формирования социокультурной компетенции при изучении иностранного языка. Подчеркивается значимость межкультурного взаимодействия в современных условиях развития общества. Принципы ситуативности и аутентичности признаются ведущими для успешного общения с другими народами и культурами с помощью языковых средств.

Ключевые слова.Межкультурная коммуникация, социокультурная компетенция, вербальная коммуникация, ситуативность, аутентичность.

Согласно стандартам высшего профессионального образования третьего поколения российская система высшего образования перешла на двухуровневую систему профессиональной подготовки (бакалавриат и магистратура) и основывается на компетентностном подходе. Использование данного подхода обусловлено необходимостью улучшения качества высшего профессионального образования за счет перехода к более практико-ориентированному обучению, формированию базовых общекультурных и профессиональных компетенций современного специалиста. Результатом применения компетентностного подхода является сформированность базовых компетенций, отражающих практическую способность специалиста осуществлять профессиональную деятельность.

1. Межкультурная компетенция будущего специалиста

В современных условиях глобализации мировой экономики, когда стираются границы между государствами, большое значение для будущего специалиста приобретает способность к межкультурному взаимодействию. Такая способность характеризуется уважением к представителям других культур, толерантным восприятием социальных и культурных различий, расовой, национальной, религиозной терпимостью, готовностью работать в иноязычной среде.

Данные характеристики составляют основу межкультурной компе-

тенции, которая определяется ФГОС высшего профессионального образования как одна из наиболее значимых компетенций будущего специалиста. Под межкультурной компетенцией обычно понимают «мотивированную готовность индивида к общению с представителями различных культур, которое осуществляется посредством реализации знаний о стране изучаемого языка, умений и навыков межкультурного взаимодействия, а также рефлексии, позволяющей оценить результаты межкультурного общения». [1, с. 110]

2. Социокультурная компетенция: ее сущность и методика формирования

Неотъемлемой составляющей межкультурной компетенции является социокультурная компетенция, под которой понимается приобщение обучаемых к культуре страны изучаемого языка согласно темам, сферам и ситуациям общения, соответствующим психологическим особенностям, интересам, опыту учащихся на разных этапах обучения, а также умениепредставлять свою страну и культуру в ситуациях межкультурного общения (Новые образовательные стандарты 2004, стр. 74).

Сущность социокультурной компетенции состоит в ценностном отношении к общечеловеческой и национальной культуре, а назначение данной компетенции заключается в умении успешно осуществлять общение с другими народами и культурами с помощью определенных языковых средств [3].

Социокультурная компетенция – это комплекс социокультурных знаний о национальных особенностях страны изучаемого языка, умений строить свое речевое и неречевое поведение в соответствии с данными особенностями и личностных качеств, позволяющих осуществлять межкультурное общение [2].

Рабочая программа по иностранным языкам, которая реализуется в рамках подготовки магистрантов всех направлений, дополнена курсом «Деловой иностранный язык». Этот курс позволяет студентам получить углубленные знания о бизнес культуре изучаемого языка, развить коммуникативные умения в рамках делового общения, преодолеть социокультурные барьеры в процессе взаимодействия с представителями других культур. Для решения

этих задач применяются различные педагогические технологии, в том числе технологии интерактивного обучения (игровая деятельность, групповое взаимообучение), проектные технологии, контекстное обучение, широкое использование творческих заданий, проблемных ситуаций и др.

Курс «Деловой иностранный язык» предполагает введение в процесс обучения элементов страноведческой, культурологической направленно-

сти и заданий, построенных на профессиональной специализации. Магистранты должны овладеть знаниями о культуре и реалиях страны изучаемого языка, а также фоновыми знаниями с целью выбора уместных форм вербальной коммуникации. Обучение происходит в обстановке максимально приближенной к реальной ситуации повседневного общения. Так, тема «Знакомство» предполагает усвоение различных форм обращения к собеседнику (Mr, Sir, Miss, Mrs, Ms, Madam), их различий и случаев их уместного использования.

При изучении особенностей ведения деловой переписки учащиеся знакомятся с речевыми клише, используемыми в письмах (традиционных и электронных), факсах, сообщениях. Особую роль играют сокращения, принятые в посланиях на иностранном языке (PLS, PDQ, cc, pp). Аналоги таких аббревиатур не используются в русском языке, поэтому им следует уделять особое внимание.

3. Принципы ситуативности и аутентичности

Большое значение при формировании у магистрантов социокультурной компетенции мы придаем принципам ситуативности и аутентичности. Принцип ситуативности предполагает организацию обучения иностранному языку через имитацию повседневного общения. Созданные на занятиях ситуации должны ориентироваться на культуру страны изучаемого языка, отражать менталитет представителей изучаемой лингвокультурной общности. Следование этому принципу помогает научить ориентироваться в разнообразных ситуациях межкультурного общения и строить свое поведение в соответствии с социальной ролью собеседников.

Ситуативность общения достигается за счет организации обсуждений актуальных тем с опорой на содержание прочитанного текста, прослушанного аудио, просмотренного видео. Учащиеся выражают оценочное отношение к излагаемым фактам, явлениям, событиям. Например, прочитав текст о культурных барьерах при ведении бизнеса с иностранными компаниями, можно организовать дискуссию об особенностях организации межкультурного общения, попросив студентов привести собственные примеры недопонимания и его негативного влияния на коммуникацию с иностранным собеседником. Обсуждение завершается ролевой игрой, в которой, выступая в роли сотрудников компании, учащиеся должны подготовить деловую поездку за рубеж. Ролевые и деловые игры, симуляции обеспечивают ситуативность и естественность общения на иностранном языке.

Принцип ситуативности реализуется и при изучении темы «Разговор по телефону». Учащиеся знакомятся с устойчивыми выражения-

ми, используемыми в телефонных разговорах (I'llputyouthrough. Canyouhold? Anyway. etc.), а затем используют их в ситуациях общения, что помогает им выстраивать коммуникацию на основе определенной социальной роли.

Для формирования социокультурной компетенции важное значение имеет аутентичность преподносимых материалов. К ним относятся газеты и журналы, билеты на транспорт, в театр, письма, реклама, программы радио и телевидения, объявления и др. Аутентичные материалы демонстрируют функционирование языка в естественной форме, привычной для его носителей. Поэтому они способствуют организации естественного общения на уроках иностранного языка, а также повышению мотивации учащихся.

Учащиеся изучают объявления о приеме на работу, представленные в аутентичных иностранных газетах. Затем студенты составляют письменное резюме с целью получения той или иной должности в компании. Этому предшествует изучение структуры, содержания, специфического языкового наполнения резюме на иностранном языке. Резюме, как правило, сопровождается письмом с просьбой рассмотрения кандидатуры на эту вакансию. Такие задания выполняются студентами с большим энтузиазмом, так как имеют жизненно важное значение для их дальнейшего профессионального роста как молодых специалистов.

В рамках курса «Деловой иностранный язык» магистранты изучают культурологические особенности ведения бизнеса с различными партнерами. Деловые отношения могут быть эффективными, а бизнес успешным только при условии учета различий в культуре общения партнеров. Важно знать, сучастниками какого ранга будут обсуждать бизнес ваши иностранные коллеги, насколько они пунктуальны, приветствуется ли использование юмора на деловых переговорах. Не последнюю роль играет знание дресс-кода на официальных встречах, а также при неформальном общении.

Содержание понятия социокультурная компетенция отражает цель развития личности учащегося, формирование у него способности и готовности принимать участие в диалоге культур на основе принципов кооперации, взаимного уважения, терпимости к культурным различиям и преодоления культурных барьеров.

Сформированность социокультурной компетенции позволяет участникам межкультурного общения, с одной стороны, понимать чувства и мысли другого народа и преодолевать национальный культуроцентризм, а с другой -лучше идентифицировать самого себя, глубже осознавать собственную культуру в сравнении с культурой страны и народа изучаемого языка.

Библиографический список

1.Агаева Ю.С., Кондратенко Е.В. Методологические подходы к формированию межкультурной компетенции будущего менеджера в процессе обучения иностранному языку в вузе. // Педагогическое образование в России. 2014. № 9.

2.Борщева В.В., РозановаЕ В Принципы формирования социокультурной компетенции бакалавров лингвистических направлений подготовки. // Вестник МГГУ им. М А Шолохова. Сер. «Педагогика и психология». 2013. № 4.

3.Шишканова В.В. Формирование социокультурной компетенции у студентов неязыкового вуза (бакалавриат,немецкий язык). Дис… канд. пед. наук. М., 2015.

FORMATION OF SOCIO-CULTURAL COMPETENCIES FROM MASTERS OF THE UNLESS SCHOOL

© ***M.V. Rybakova***

Moscow Technological University, Moscow, Russia
e-mail: mv.rybakova@mail.ru

Abstract. The article deals with the problems of formation of socio-cultural competence during foreign language learning. The importance of inter-cultural interactions in the modern society is stressed. Situational and authenticity principles are considered to be main in the course of language teaching to communicate with other peoples and cultures.

Keywords. Inter-cultural communication. Socio-cultural competence. Verbal communication. Situational principle. Authenticity.

УДК 378.147

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ АДАПТИВНЫХ КОММУНИКАТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СИСТЕМЕ НЕПРЕРЫВНОЙ ИНОЯЗЫЧНОЙ ПОДГОТОВКИ В ИННОВАЦИОННОМ УНИВЕРСИТЕТСКОМ КЛАСТЕРЕ

© Чернова Н.И.

Московский технологический университет
e-mail: chernova@mirea.ru

Аннотация. Статья посвящена разработке и продуктивной реализации адаптивных коммуникативных технологий в системе лингвистической подготовки в инновационном университетском кластере. Обоснованы условия и принципы формирования многоуровневых вариативных модулей иноязычной подготовки студентов в логике компетентностного подхода.

Ключевые слова. Инновационный университетский кластер, коммуникативная компетентность, адаптивные коммуникативные технологии, коммуникативное взаимодействие, многоуровневые адаптивные модули, оценка качества лингвистической подготовки.

Концепция модернизации российского образования предполагает решение главной задачи государственной образовательной политики – обеспечение и управление его качеством на основе сохранения фундаментальности и соответствия актуальным и перспективным потребностям личности, общества и государства. Кроме того, реализация приоритетного национального проекта «Образование» потребовала внедрения наиболее прогрессивных технологий обучения и количественной оценки эффективности каждой из них. Они интенсивно разрабатываются и внедряются в учебный процесс, но количественная оценка их эффективности, тем более в области иностранных языков не достаточно разработана, что не позволяет определить результативность каждого из процессов в достижении поставленных целей обучения иностранным языкам в логике компетентностного подхода. На этом основании такое научное исследование, как измерение качества (квалиметрия) применения инновационных технологий обучения, направленное на обеспечение современного лингвистического образования в вузе приобретает актуальное звучание. Назревшая научно-практическая проблема требует пересмотра теоретических воззрений, методологии, практики внедрения адаптивных технологий иноязычной подготовки и ее квалиметрии с учетом профессионально-компетентностной направленности подготовки студентов в современном университетском кластере как интеграторе науки, образования и производства.

С введением новых квалификационных требований к выпускнику все большую актуальность приобретают вопросы применения прогрессивных адаптивных технологий обучения и измерения их эффективности (проблемно-модульного и опережающего, рейтингового метода оценки и др.), вопросы прогнозирования и перспективного планирования, оптимального управления качеством предметной подготовки и образования в целом.

Задачами проведенного исследования стали:

1. Анализ существующих инновационных технологий обучения в стране и за рубежом, целесообразность, возможность и условия внедрения части из них в учебный процесс дисциплины “Иностранный язык”.

2. Разработка и реализация технологического обеспечения иноязычной лингвистической подготовки.

3. Обоснование, диверсификация и адаптация известных и разработанных методик квалиметрии эффективности адаптивных технологий иноязычной подготовки студентов в Московском технологическом университете МИРЭА.

4. Оценка эффективности реализации разработанных адаптивных коммуникативных технологий (АКТО) в условиях многоуровневого обучения студентов в МИРЭА.

Адаптивные коммуникативные технологии обучения отвечают требованиям ФГОС к подготовке специалистов в университетском кластере МИРЭА и нацелены на формирование специалиста–профессионала. Кроме того, АКТО направлены на уменьшение периода динамической адаптации студента к его будущей профессиональной деятельности, а именно, на развитие профессионально значимых качеств и компетенций, способности и готовности осуществлять специальные научно-инженерные виды деятельности. Учитывая ограниченные временные возможности осуществления лингвистической подготовки студентов в МИРЭА стояла задача вывести обучающегося на качественно новый уровень развития требуемых компетенций в минимальный временной интервал. В условиях АКТО учебная информация усваивалась студентами в контексте к действию, и каждое вводимое преподавателем новое знание перестраивало структуру его прошлого опыта, то есть задействовалась междисциплинарная интеграция.

Следовательно, АКТО, в основании которых заложена такая интеграция, междисциплинарность, открытое и активное информационное взаимодействие между учащимся и множественными источниками информационных ресурсов, рассматривалась нами в качестве эффективного инструмента формирования профессиональной (и как ее интегративных составляющих – лингвистической, коммуникативной, социо-культурной) компетентности инженера, его динамичной адаптации к новым, развивающимся в соответствии с требованиями времени коммуникативным и профессиональным качествам. В этом широком контексте АКТО выступало в качестве средства для организации высокоэффективной, личностно-

ориентированной деятельности студентов, обеспечивающей продуктивное усвоение предметных знаний, компетенций и раскрытие возможностей их применения в реальной профессиональной деятельности. Дифференцированные в ходе исследования компоненты проектирования АКТО обеспечили адаптивно-коммуникативный подход к обучению студентов в университетском кластере МИРЭА, продемонстрировав дополнительные возможности для развития их творческого потенциала. При проектировании АКТО основанием служил принцип взаимодействия информационных, инновационных, коммуникативных и культуросообразных подходов, определения качественных и количественных показателей, характеризующих взаимодействие компонентов в системе человек – технология – коммуникация – компетентность.

Внедрение адаптивных коммуникативных технологий в структуру лингвистической подготовки студентов в МИРЭА стало эффективным за счет наукоемкости содержания языковой подготовки, широкого контекстного разрешения поставленных коммуникативных задач в логике профессионализации языковых электронных ресурсов, формирования комплекса управляющих воздействий на учащегося с учетом его потребностно-мотивационных запросов.

Адаптивно-модульное проектирование содержания лингвистической подготовки студентов в МИРЭА интегрировало следующий алгоритм логических шагов:

- компоновку курса вокруг фундаментальных методов познавательной деятельности;

- отбор содержания базовых адаптивных коммуникативных модулей. Существенным условием отбора стал акцент на принципиальном содержании метода познавательной деятельности, обладающем общекультурным и прикладным значениями, что подразумевало учет следующих критериев базового содержания обучения: фундаментальность, непрерывность и гуманитаризация образования;

- выделение профессионально-прикладных укрупненных проблем с учетом специфики различных направлений деятельности инженера, разрешение которых требует применения адекватного метода познавательной деятельности;

- обеспечение лингвистической и уровневой дифференциации, нацеленной на создание условий для индивидуального темпа продвижения в рамках адаптивных коммуникативных модульных программ.

Диапазон применения адаптивных коммуникативных модулей включал следующие режимы: систематический, автономный и интегрированный. Систематический режим предполагал использование адаптивных модулей в рамках самостоятельного курса. Автономный – в качестве справочно-информационного модуля. И интегрированный – в рамках интегративного лингвистического курса.

В ходе исследования мы использовали следующие оценки сформированности коммуникативной компетентности студентов МИРЭА в ходе реализации АКТО в ходе лингвистической подготовки:

- количественная оценка (применялась в случае, когда явления или процессы слабо, но все-таки формализовались);

- экспертная (когда плохо формализовались объекты, в отношении которых имелся достаточный информационный потенциал, а адекватные математические методы измерения еще не разработаны).

Адекватность измерения коммуникативной компетентности обеспечивалась использованием системы показателей, характеризующих степень достижения целей лингвистической подготовки обучения в условиях АКТО и отражающих уровень сформированности коммуникативной компетентности (в совокупности ее составляющих).

Разработанная модель аналитической системы оценки коммуникативной компетентности будущих профессиональных кадров представлена в следующей логике:

- выбор факторов оценки коммуникативной компетентности;

- дифференциация коэффициентов значимости факторов в общей оценке коммуникативной компетентности;

- определение числа критериев по каждому оцениваемому фактору и их экспертная оценка

- комплексная оценка коммуникативной компетентности будущих профессиональных кадров.

Субъективным фактором, подтверждающим эффективность АКТО, служат результаты анкетирования студентов экспериментальных групп. Так, на вопрос анкеты: «Считаете ли Вы изучение английского языка специальности (SpecialEnglish) средствами АКТО эффективным?» – 85% ответили «да», 10% – «затруднились ответить», 5% – «нет». При этом рейтинговая и собственная оценка прогресса по завершении обучения (на конец эксперимента) оказалась у 90% значительной, у 7% – незначительной и, к сожалению, лишь у 3% опрошенных остались на исходном уровне языковой подготовки, что станет предметом нашего дальнейшего исследования.

Среди предпочтительных компонентов АКТО были отмечены методы дидактического моделирования реальных ситуаций профессионального общения и сообразные им формы – интеллектуально-обучающие игры (80%); учет индивидуальных особенностей и индивидуального темпа продвижения, стартового уровня владения иностранным языком (70%); тестирование и самостоятельное решение задач (65%; рейтинг контроля и оценки учебных достижений (80%) и т.д.

В ходе проведенного исследования обоснована, разработана и реализована методика оценки качества (квалиметрия) лингвистической подготовки студентов в условиях АКТО, которая интегрирована в систему менеджмента качества обучения в МИРЭА.

Библиографический список

1 Чернова Н.И., Катахова Н.В. Формирование медиакоммуникативной компетентности в системе предметной подготовки профессиональных кадров в техническом университете.//Мир образования- образование в мире. №4(52), 2013.- С.153-160.

2. Чернова Н.И., Катахова Н.В. Развитие коммуникативной компетентности студентов инженерного профиля в системе дополнительного образования//Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения. Материалы Международной научно-технической конференции INTERMATIC-2014. В 6ч. Ч.1 - М., 2014.- С. 283-286.

3. Чернова Н.И. Чернов А.В.Технологизация лингвистической подготовки современного специалиста в логике компетентностного подхода//Педагогическое образование: вызовы 21века. Материалы Международной научно- практической конференции, посвященной памяти выдающегося российского ученого-педагога В.А.Сластенина. В 2-х ч. Ч.2.Москва-Ярославль 2010. -С.531-547.

4. Чернова Н.И. Чернов А.В. Общероссийская система обеспечения качества высшего инженерного образования//Европа и современная Россия. Интегративная функция педагогической науки в едином образовательном пространстве: Материалы VIII Международной научной конференции. Москва-Хельсинки, 2011.-С.241-249.

THECHNOLOGICAL POSSIBILITIES OF ADAPTIVE COMMUNICATIVE TECHNOLOGIES IN THE SYSTEM OF CONTINUOS FOREIGN LANGUAGE TRAINING AT THE INNOVATIVE UNIVERSITY CLUSTER

© ***Chernova N.I.***
Moscow Technological University, Moscow, Russia
e-mail: chernova@mirea.ru

Abstract. This article describes an interactive-communicative approach for foreign language training of future engineers. The adaptive communicative teaching technologies used by the authors at foreign language classes of students training have been presented. Conditions, principles and ways of its effective development and realization, development at the innovative university cluster characterized by its multicultural educational, scientific and production environment have been specified and presented.

Keywords. Innovative university cluster, communicative competence, adaptive communicative technologies, communicative interaction, multilevel adaptive models, science-consuming, multicultural educational environment, adaptive communicative technologies, quality of foreign language training.

СЕКЦИЯ № 8.2
ПОДГОТОВКА ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КАДРОВ В ИННОВАЦИОННОМ УНИВЕРСИТЕТСКОМ КЛАСТЕРЕ

УДК 314

ВЫСШЕЕ ОБРАЗОВАНИЕ В ЭПОХУ ИННОВАЦИЙ

© Л.Н. Кочеткова, Р.Г. Гусейн-заде
Московский технологический университет, Москва, Россия
E-mail: kochetkova@mirea.ru

Аннотация. Рассматриваются основные тренды инновационного развития общества. Показана взаимосвязь инноваций с качеством и уровнем высшего образования в обществе. Анализируется роль демографического фактора в социальном развитии с точки зрения становления инновационной экономики. Использованы социологические данные, объективно отражающие процессы внутри России и за рубежом. Отдельно говорится о создании и роли Московского технологического университета.

Ключевые слова: инновация, высшее образование, демография, инновационная экономика

Одной из причин низкой эффективности российской инновационной системы считается проблема в высшем образовании. Например, в США высшие учебные заведения играют огромную роль в стимулировании и продвижении инноваций в реальный сектор экономики.

В США рост частных пожертвований в адрес университетов за последние 20 лет составил 184 %, а корпоративные пожертвования выросли на 117 %. Частные источники финансирования поддерживают высокий уровень научных исследований в университетах США. Ученые отмечают, что это самый быстрорастущий источник финансирования НИОКР в вузах США за последние 30 лет.

В зарубежной литературе существует большое количество научных работ по проблеме взаимосвязи инноваций с сектором высшего образования. В статьях о роли университетов как источника знаний основная идея заключается в том, что существует значительный, но ограниченный территориально эффект на коммерциализацию инноваций, зависящий от интенсивности и качества исследований в университетах. Подходящие институциональные условия должны способствовать трансферу научных знаний в частный сектор экономики [1, 2].

Существует эмпирическое доказательство положительных эффектов НИОКР, проведённых в университетах, на региональные инновационные процессы. Взаимосвязь бизнеса с сектором высшего образования может помочь

фирмам приобрести самые последние научные знания и опыт в конкретных технологических областях. Университеты могут предоставить доступ к определенному оборудованию и инфраструктуре, недоступным для частного бизнеса [3]. Kim и Park протестировали воздействие нескольких видов сотрудничества на инновационный процесс в корейских фирмах и обнаружили, что сотрудничество с научно-исследовательскими институтами значительно увеличивает вероятность процессных инноваций [4]. Belderbos, Aschhoff и Schmidt доказали, что сотрудничество с университетами и научно-исследовательскими институтами увеличивает продажи фирм в сегменте новинок рынка [5,6].

Отношения промышленности с сектором высшего образования могут быть разнообразными: совместные исследования, заказные исследования, кадровая мобильность, обучающие курсы и т. п. То, что сотрудничество фирм с университетами оказывает положительное влияние на вероятность применения фирмами патентов в промышленном производстве, подтвердили исследования Miotti, Sachwald и Lööf, Broström [7,8].

Российские исследования дают только качественные данные по проблемам инновационной активности среди малых и средних предприятий. По результатам интервью с инновационными компаниями («Контур», «Яндекс», Interscol, Interelectrokomplect, «Тонар», НТ-МДТ, «ITE-Полюс», SPLUT, «Нева-металл») автор делает вывод об отсутствии эффективных элементов инновационной инфраструктуры, призванных решать проблемы коммерциализации разработок, координации участников проекта и поиска партнеров [9].

Превращение университетов в исследовательские центры и создание прочных связей между бизнесом и вузами это жизненно необходимые процессы для развития инноваций в России. Определенные шаги в этом направлении были предприняты и российским правительством: создание федеральных и научно-исследовательских университетов, выделение бюджетных средств на государственные программы развития инноваций и образования, а также разработка инновационной стратегии России.

Некоторые меры для усиления влияния вузов на региональную инновационную систему уже были поддержаны российским правительством. С 2007 года на базе существующих вузов было основано 10 федеральных и 29 национальных исследовательских университетов. В 2009-м у университетов появилась возможность создавать открытые акционерные общества и с их помощью коммерциализировать свои разработки. Но эти меры пока не дали сколько-нибудь существенных результатов: только 12% сотрудников университетов являются исследователями, а сектору высшего образования принадлежит ничтожно малая доля затрат на НИОКР [10].

Одной из задач инновационной стратегии России является повышение мирового рейтинга российских университетов. Российское правительство выделило 9 млрд руб. для того, чтобы ведущие вузы страны (Москов-

ский и Санкт-Петербургский государственные университеты, Национальный исследовательский университет «Московский инженерно-физический институт», Московский физико-технический институт, Российский университет дружбы народов) попали в сотню лучших университетов мира. Президент В. Путин заявил, что к 2020 году ожидает увидеть пять университетов в сотне лучших. По состоянию на 2016 год только МГУ входит в сотню Academic Ranking of World Universities, где занимает 87-е место.

Сотрудничество с университетами может быть основным источником инновационного роста предприятий и важным конкурентным преимуществом. В частности, в новых или развивающихся областях, характеризующихся быстрыми технологическими изменениями высокой неопределённостью в развитии, сотрудничество с государственными научно-исследовательскими институтами и вузами может играть решающую роль. Исследования (например, [11]) показали, что есть сильная связь между наличием в регионе инновационно-активных вузов и его показателями научно-исследовательской активности.

Влияние демографии на сектор высшего образования

Анализируя возможности и необходимость образования в современных условиях, нельзя не отметить его взаимосвязь с демографическим положением в нашей стране. В современных условиях высшее техническое образование оказалось в ситуации кризиса. Так, в 2012 году, по данным Министерства образования и науки России, 11-й класс окончили более 700 тысяч российских выпускников. По данным Минобрнауки РФ, количество выпускников с каждым годом продолжает снижаться. С 2014 по 2016 годы в вузы начинают поступать выпускники 1996-1999 годов рождения, которые родились в период минимальной рождаемости в целом по стране.

Согласно «Концепции Федеральной целевой программы развития образования на 2011-2015гг.» было запланировано, что «в силу демографических причин, а также благодаря совершенствованию системы образовательных учреждений, будет существенным образом обновлена сеть вузов, не вошедших в число федеральных и национальных исследовательских университетов». Переизбыток предложения мест для обучения студентов в сфере образования породило термин «неэффективный вуз», что впоследствии привело к ликвидации или присоединении к «эффективному» вузу таких «неэффективных» вузов. Данная тенденция ведет к сокращению вузов (в частности, государственных) в нашей стране. В то же время, анализируя качество обучения следует отметить, что, наиболее серьезные научные школы созданы и развиваются на базе государственных вузов. Научная школа в негосударственных вузах обычно слабее, чем в государственных.

Например, Московский технологический университет был образован в порядке присоединения к МИРЭА вузов: МГУПИ (в 2014 г.) и МИТХТ им. М.В. Ломоносова (в 2015 г.) и ряда образовательных, научных, конст-

рукторских, производственных организаций.

Сейчас Московский технологический университет — современный образовательный и научно-исследовательский центр, сочетающий в своей работе классические университетские традиции и современные образовательные технологии. Московский технологический университет готовит высококвалифицированных специалистов для быстро развивающихся наукоемких отраслей науки и техники: телекоммуникаций, информационных и компьютерных технологий, автоматики, кибернетики, радиотехники и электроники, химии и биотехнологий. Московский технологический университет имеет развитую сеть научно-исследовательских центров, научных лабораторий и студенческих конструкторских бюро.

В Университете реализуется уникальная система обучения «вуз - базовая кафедра - базовое предприятие», которая обеспечивает высокую эффективность учебного процесса и гарантирует быструю адаптацию выпускников к реальным условиям современного производства. Университет сотрудничает более чем с 50 ведущими предприятиями высокотехнологичных производств. В 2016 году РВК, холдинг «Росэлектроника» и Московский технологический университет (МИРЭА) заключили трехстороннее Соглашение, направленное на сотрудничество в области развития высокотехнологического предпринимательства.

Сегодня в Московском технологическом университете проходят подготовку более 500 иностранных студентов из 30 стран.

Однако, демографическое положение в нашей стране понемногу начинает выправляться: общее количество выпускников школ в 2013 году, по данным федерального центра тестирования, составило более 783 тысяч человек. В 2014 году количество выпускников увеличилось за счет присоединения к РФ Крыма и Севастополя [12].

Сейчас одно из основных современных направлений развития российской высшей школы — увеличение приема иностранных граждан в российские вузы [13].

Прием иностранных студентов в высшие учебные заведения России преследует три цели:

· во-первых, увеличение числа иностранных студентов — это одно из требований повышения конкурентоспособности, которые необходимо выполнить для запланированного «Стратегией-2020» вхождения пяти российских вузов в сотню лучших университетов мира [14];

· во-вторых, иностранные студенты, получившие высшее образование и решившие остаться в РФ, являются сравнительно недорогим (так как школьное образование они получили без затрат со стороны РФ) и надежным (ведь за годы обучения студент был глубоко интегрирован в российское сообщество) источником человеческого капитала;

· в-третьих, недавние выпускники российских вузов, претендующие на гражданство РФ, способны внести не только экономический, но и демографический вклад, что особенно актуально в условиях демографического спада — «ямы», резкого снижения численности населения России с 2010 по 2050 гг., предсказанное агентством Standard&Poor's [14].

Еще одним немаловажным аргументом в пользу привлечения иностранных студентов в российские вузы является серьезный дисбаланс возрастных когорт, являющийся актуальной проблемой в современной России. Динамика количества российских выпускников 11 классов с 2005 по 2010 гг. в сравнении с числом студентов из стран СНГ, поступающих в российские вузы, наглядно демонстрирует, как за счет увеличения квоты на прием иностранных студентов частично компенсируется недобор, обусловленный снижением рождаемости, произошедшим 15-20 лет назад. Таким образом, пока удается избежать ликвидации и перепрофилирования невостребованных вузов, которое к 2035 г. может привести бы к дефициту мест в вузах [11].

По словам Министра образования и науки РФ, число школьников и выпускников школ начнет расти только в 2018-2019 годах. По его мнению, демографический спад в системе высшего образования продлится до 2020 года, поскольку количество первоклассников увеличилось впервые за 12 лет в 2009 году.

Демографическое старение населения – проблема, которая остается одной из самых острых в современной России. Она оказывает прямое влияние на экономическое развитие, конкурентоспособность и стабильность страны и на благосостояние ее граждан.

Библиографический список

1. Fritsch M., Slavtchev V. Universities and innovation in space. Industry and innovation, 2007, Vol. 14, iss. 2, pp. 201-218.;

2. Fritsch M., Aamoucke R. Regional public research, higher education, and innovative start-ups:An empirical investigation. Small Business Economics, 2013, Vol. 41, iss. 4, pp. 865-885.

3. Fritsch M., Aamoucke R. Regional public research, higher education, and innovative start-ups:An empirical investigation. Small Business Economics, 2013, Vol. 41, iss. 4, pp. 865-885.

4. Kim H., Park Y. The impact of R&D collaboration on innovative performance in Korea: A Bayesian network approach. Scientometrics, 2008, Vol. 75, iss. 3, pp. 535-554.

5. Kim H., Park Y. The impact of R&D collaboration on innovative performance in Korea: A Bayesian network approach. Scientometrics, 2008, Vol. 75, iss. 3, pp. 535-554.

6. Aschhoff B., Schmidt T. Empirical evidence on the success of R&D cooperation – Happy together? Review of Industrial Organization, 2008, Vol.

33, iss. 1, pp. 41-62.

7. Miotti L., Sachwald F. Co-operative R&D: why and with whom? An integrated framework of analysis. Research policy, 2003, Vol. 32, iss. 8, pp. 1481-1499.

8. Lööf H., Broström A. Does knowledge diffusion between university and industry increase innovativeness? The Journal of Technology Transfer, 2008, Vol. 33, iss. 1, pp. 73-90.

9. Vin'kov A. Sozdateli budushchego – gazeli s mozgom obez'yany [Creators of the future – the gazelle with the monkey brain]. Expert, 2011, no. 10, available at: http://expert.ru/expert/2011/10/sozdateli-buduschego--gazeli-s-mozgom-obezyanyi/ (accessed September 7, 2016).

10. Анисимкова Н.Д. Роль сектора высшего образования в стимулировании инновационного процесса в промышленности // Вестн. Ом. ун-та. Сер. «Экономика». 2017. № 1 (57). С. 5–12.

11. Лутиков К.В., Щепотьев А.В. Современные тенденции развития образовательных услуг высшего профессионального образования в России // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 9. – С. 1062-1065;

12. Проект государственной программы Российской Федерации «Развитие образования» на 2013—2020 годы [Электронный ресурс] // Министерство образования и науки Российской Федерации. 2012. URL: минобрнауки.рф/документы/2474/файл/901/госпрограмма_развитие_образования_(проект).pdf

13. Повышение конкурентоспособности ведущих университетов Российской Федерации среди ведущих мировых научно-образовательных центров (5— 100) [Электронный ресурс] // Министерство образования и науки Российской Федерации. URL: минобрнауки.рф/проекты/5-100

14. Зангиева И.К., Сулейманова А.Н. Студенты из стран СНГ в России: предпосылки к миграции // Мониторинг общественного мнения: Экономические и социальные перемены. 2016.№ 5. С. 127—146.

HIGHER EDUCATION IN THE EPOCH OF INNOVATIONS

© L.N. Kochetkova, R.G. Huseyn-zade
Moscow Technological University, Moscow, Russia
Kochetkova@mirea.ru

Annotation. The main trends of innovative development of society are considered. The interrelation of innovations with quality and level of higher education in a society is shown. The role of the demographic factor in social development is analyzed from the point of view of the formation of an innovative economy. Sociological data are used that objectively reflect the processes inside and outside Russia. Separately, the creation and role of the Moscow Technological University.

Keywords: innovation, higher education, demography, innovative economy.

УДК 378

ПОДГОТОВКА ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КАДРОВ И НОВЫЕ ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ ГУМАНИТАРНЫМ ДИСЦИПЛИНАМ

© Э.А. Арапова
Московский технологический университет, Москва, Россия
e-mail: el-arapova@rambler.ru

Аннотация. В статье рассматриваются особенности компетентностного подхода, который является основой современной системы образования. Показано, что его реализация предполагает использование активных форм обучения, выявлены трудности их внедрения в учебный процесс.

Ключевые слова. Образование, компетенция, активные формы обучения, гуманитарные дисциплины, философия.

Проблема повышения эффективности подготовки профессиональных кадров стояла перед высшей школой всегда. В начале XX1 века эта проблема приобретает еще большую актуальность в связи с рядом причин.

Развитие инновационной экономики выдвигает новые требования к личности специалиста изменения самого стиля его мышления. Становятся востребованными не только его специально-профессиональные знания, но и развитое творческое мышление инициативность, понимание этических и социально-политических проблем, способность нести ответственность за принятые в профессиональной сфере решения Другим важнейшим моментом в обучении молодого специалиста является формирование способности саморазвития, которая в дальнейшем будет условием повышения результативности в профессиональной деятельности.

В основе современной системы высшей школы лежит компетентностная парадигма образования, которая ориентирована не на способность студента воспроизводить готовые знания, а на формирование у него способности к действию в различных видах профессиональной деятельности. Результатами же освоения основных образовательных программ считаются сформированные у выпускников вузов компетенции, которые определяются в федеральном государственном образовательном стандарте как способности применять знания, умения и личностные качества для успешной деятельности в определенной области. В определении обращает на себя внимание упоминание личностных качеств, необходимых для успешной профессиональной деятельности. Так, в стандарте в разделе «Требования к результатам освоения основных образовательных программ» говорится, что выпускник бакалавриата или магистратуры должен обладать не только

профессиональными компетенциями, но и общекультурными. Вот некоторые из них:

– владеет культурой мышления, способен к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения;

– умеет логически верно, аргументировано и ясно строить устную и письменную речь, способен в письменной и устной речи правильно (логически) оформить результаты мышления;

– стремится к саморазвитию, повышению своей квалификации и мастерства, способен приобретать новые знания в области техники и технологии, естественных, гуманитарных, социальных и экономических наук;

– использует основные положения и методы социальных, гуманитарных и экономических наук при решении социальных и профессиональных задач, способен и готов понимать движущие силы и закономерности исторического процесса, способен к пониманию и анализу мировоззренческих, социально и личностно значимых философских проблем;

– способен анализировать социально-значимые проблемы и процессы, готов к ответственному участию в политической жизни.

Выше перечислены не все общекультурные компетенции.

В образовательной среде университета формирование общекультурных компетенций будущего специалиста происходит в процессе изучения гуманитарных дисциплин, а приоритетной дисциплиной в этом смысле была и остается философия.

Одной из важнейших задач для современной высшей школы стала необходимость разработки таких образовательных технологий, которые обеспечат процесс формирования компетенций. Если говорить о наиболее эффективном способе формирования общекультурных компетенций при изучении философии, то, на мой взгляд, таковыми являются – исследовательская работа или доклад с электронной презентацией. Такая форма работы обладает целым рядом преимуществ. Прежде всего она активизирует познавательную деятельность обучаемого, углубляет его теоретические знания, способствует глубокому осознанию базовых ценностей культуры, развивает коммуникативные навыки, необходимые для будущей профессиональной деятельности. По результатам проведенной студентом работы преподаватель получает возможность оценить уровень сформированности той или иной общекультурной компетенции.

Необходимо отметить, что все активные формы обучения только тогда проявляют свою значимость, когда основываются на глубоком осмыслении теоретических вопросов и максимально используют имеющиеся

знания. Так, на мой взгляд, внедрение активных форм обучения не только не отрицает традиционные методы обучения, в первую очередь лекции, но и в значительной степени на них опираются.

Внедрение новых форм обучения гуманитарным дисциплинам сталкивается с рядом проблем. Так, в ходе подготовки исследовательской работы студент зачастую не использует труды философов (первоисточники), а обращается за материалом к различным интернет-ресурсам по философии. И здесь перед студентом стоит задача выбрать из предлагаемых источников те, которые действительно обладают статусом научно авторитетных работ. Другим препятствием является практически полное отсутствие мотивация студентов к внеаудиторной самостоятельной работе. Кроме того, следует указать также и на низкий уровень способности логично и аргументировано строить устную речь при выступлении с докладом.

В такой проблемной ситуации важна роль преподавателя. Преподаватель должен обладать не только высоким уровнем знания своего предмета, но и обладать педагогическим мастерством, личной заинтересованностью процессом обучения студентов, которая поможет найти эффективные способы мотивации студентов к обучению и, в частности, к выполнению исследовательского проекта, сформировать потребность занимать активную позицию в процессе получения знаний. Так, например, как показывает опыт преподавания дисциплины «Философия», эффективное применение активных форм в процессе ее изучения возможно при условии, если преподаватель на первом же занятии сумел аргументировано обосновать значимость ее изучения для современных студентов. Так, при правильно выстроенном способе взаимодействия преподавателя и студентов возможно использование активных форм обучения.

PREPARATION OF PROFESSIONAL PERSONNEL AND NEW FORMS OF TRAINING TO HUMANITARIAN DISCIPLINES

© E.A. Arapova
Moscow Technological University, Moscow, Russia
e-mail: el-arapova@rambler.ru

Abstract. The article considers the features of the competence approach, which is the basis of the modern education system. It is shown that its implementation involves the use of active forms of training, the difficulties of their introduction into the educational process are revealed.

Keywords. Education, competence, active forms of education, humanitarian disciplines, philosophy.

УДК 004.02

НЕКОТОРЫЕ ПОДХОДЫ К ОРГАНИЗАЦИИ ПОДГОТОВКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КАДРОВ В ВУЗЕ С ПОМОЩЬЮ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ОБУЧАЮЩИХ СИСТЕМ

© Л.А. Артюшина
Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, Владимир, Россия
E-mail: larisa-artusina@yandex.ru

Аннотация. В статье рассмотрены некоторые аспекты автоматизированной оценки уровня сформированности ценностно-целевой компоненты компетенций студентов ВУЗа. Предложены алгоритмы расчета, позволяющие оценить степень овладения компетенцией конкретным студентом.

Ключевые слова: компетентностная модель образования, образовательные системы, автоматизированные обучающие системы

В настоящее время в системе высшего образования осуществляется переход на образовательные стандарты нового поколения, включающие требования к подготовке выпускника на основе компетентностной модели. Согласно этим стандартам, высшее учебное заведение обязано гарантировать качество подготовки, в том числе, путем разработки объективных процедур оценки компетенций выпускника, что остро ставит на повестку дня вопрос о разработке методов и алгоритмов контроля и диагностики компетенций студента ВУЗа.

В этом ключе применение компьютерных обучающих систем становиться наиболее актуальным, так как позволяет реализовать на практике одинаковые для всех испытуемых правила проведения испытаний и интерпретации их результатов, точность измерений и т.д.

Анализ диссертационных исследований и научных публикаций, связанных с организацией и проведением обучения с помощью автоматизированных обучающих систем (далее АОС) [3,4,5,6,8,9,10,11,12,13,14,15], показал, что на сегодняшний день в них используются два вида моделей: модель учебной дисциплины, определяющая состав требуемых знаний, умений и навыков и взаимосвязи между отдельными фрагментами учебного курса, и модель знаний студента, отражающая представления системы о составе и уровне текущих знаний, умений и навыков конкретного студента, его характеристиках и ходе учебного процесса.

В русле компетентностной парадигмы такой подход представляется

достаточно узким, т.к. не отражает всю полноту структуры компетенций, представляющей собой взаимосвязь четырех компонент: информационной (знаниевой), деятельностной (умения и навыки), ценностно-целевой и опытной, и их взаимосвязи [18,19]. Очевидно, что указанные выше два вида моделей (учебной дисциплины и знаний студента) отражают только две компоненты компетенции - информационную и деятельностную. Следовательно, необходимы дальнейшие исследования по формализации оставшихся компонент и их взаимосвязей.

В результате исследований нами был определен ряд параметров, по которым мы предлагаем оценивать ценностно-целевую и опытную компоненты компетенции средствами АОС. К таким параметрам мы отнесли:

- Ценностно-целевая компонента:

1. число посещений курса обучаемым за определенный период времени;

2. весовой коэффициент трудности запрашиваемых обучаемым задач;

3. число попыток дать ответ;

4. уровень сложности затребованного обучаемым содержания учебного материала;

5. объём затребованного обучаемым учебного материала;

6. информация о работе обучаемого в текущем и предыдущих сеансах.

- Опытная компонента:

1) время выполнения задач (в целом задания);

2) число обращений за помощью;

3) вид обращения за помощью (преподаватель, самостоятельный поиск информации и т.д.);

4) наличие петель в последовательности изучения (или отбора) учебного материала обучаемым.

В данной статье ограничимся рассмотрением ценностно-целевой компоненты. Поясним перечисленные выше параметры и их использование в оценке некоторых составляющих указанной компоненты.

Основываясь на работах Хуторского [18,19], к составляющим ценностно-целевой компоненты мы относим: познание (возможность расширения своего образования, кругозора, общей культуры, интеллектуальное развитие); продуктивная жизнь (максимально полное использование своих возможностей, сил и способностей); развитие (работа над собой); свобода (самостоятельность, независимость в суждениях и поступках); ответственность (чувство долга, организованность); рационализм (умение здраво и

логично мыслить, принимать обдуманные, рациональные решения).

Первый и шестой параметры позволяют оценить такие составляющие, как развитие и ответственность. Очевидно, что обучаемый с более высоким уровнем ответственности и желанием работать над собой посещает курс чаще, без получения напоминаний со стороны АОС, выполняет задания, работает с содержанием курса, генерируя при этом «полезную» для АОС информацию (ответы, вопросы, просьба помощи и т.п.).

Рассмотрим алгоритм обработки числа посещений за определенный период времени. Назовем определенный период времени, за который подсчитывается число посещений, контрольным периодом ¾ $К_к$. Контрольный период мы предлагаем рассчитать по следующему алгоритму:

а) определить время обучения по данному курсу (дисциплине) (далее общее время ¾ $К_{общ.}$);

б) первоначально общее время обучения разделить на множество равных интервалов времени, количество интервалов (n) определяется количеством тем в курсе (или дисциплине);

в) далее, в зависимости от степени трудности каждой темы курса (дисциплины), умножить соответствующий ей интервал времени на определенный коэффициент ($к_т$).

Таким образом, более лёгким для усвоения темам будет соответствовать более короткий интервал времени на изучение по сравнению с интервалом времени, отводимым для более трудных для усвоения тем.

С учетом сказанного получаем следующую формулу расчета контрольного периода времени на изучение темы курса:

$$К_к = \frac{К_{общ}}{n} \cdot к_т \qquad (1)$$

Необходимое количество посещений за интервал времени можно определить, приняв за точку отсчета некое, определяемое экспериментально, число посещений, которое будет соответствовать нормативу и среднему уровню ответственности и развития обучаемого соответственно. Превышение этого числа будет свидетельствовать о высоком уровне ответственности и развития обучаемого, отклонение же в другую сторону ¾ о среднем или низком уровне ответственности и развития обучаемого.

Для более точной оценки необходимо также учитывать характер посещений. А именно, после напоминания или без напоминания со стороны АОС оно было осуществлено.

Генерация напоминания, по нашему мнению, должна осуществляться АОС в следующих случаях: обучаемый в течение контрольного периода

времени вообще не посещал курс; обучаемый в течение контрольного периода посещал курс, но не выполнял заданий, или не проходил тестирование, не обращался за помощью и т.п., т.е. в АОС отсутствует информация о его текущей работе за контрольный период времени.

Посещение курса обучаемым после получения напоминания со стороны АОС можно трактовать как свидетельство среднего или низкого уровня ответственности и развития обучаемого. Более точная оценка, на наш взгляд, должна учитывать количество напоминаний, сгенерированных АОС для конкретного обучаемого. Как в случае с количеством посещений, необходимо принять за точку отсчета некое, определяемое экспериментально, количество напоминаний (далее $к_н$), сгенерированных АОС для конкретного обучаемого. $к_н$ будет соответствовать среднему уровню ответственности и развития обучаемого. Превышение этого числа будет свидетельствовать о низком уровне, отклонение же в другую сторону ¾ о среднем уровне ответственности и развития обучаемого. Полученные таким образом интервалы задают некую шкалу значений, по которой возможно отслеживать динамику уровня ответственности и развития обучаемого на i-ом шаге обучения.

Другие параметры: весовой коэффициент трудности запрашиваемых обучаемым задач, объем и уровень сложности затребованного учебного материала - позволяют оценить такие составляющие ценностно-целевой компоненты, как познание и продуктивная жизнь.

Можно утверждать, что обучаемый, стремящийся к интеллектуальному развитию и максимально полному использованию своих возможностей, сил и способностей, будет стараться решить не только задачи, обеспечивающие норматив, но и задачи повышенной сложности, в случае ошибки, попытается решить задачу повторно, запрашивает дополнительный материал по теме курса и т.д.

Указанные параметры можно задать, используя метод структурно-логических матриц (СЛМ) [6]. В учебном материале дисциплины можно выделить ключевые элементы (единицы) учебного материала. Каждому элементу учебного материала присвоить порядковый номер, отсчет вести по порядку следования элементов во времени. Каждому элементу учебного материала поставить в соответствие его уровень сложности. Номера элементов учебного материала присвоить строкам матрицы, уровень сложности — столбцам матрицы. Далее, на пересечении строки и столбца ставить единицу или ноль ($A_{ij}=1$, $A_{ij}=0$) в соответствующей ячейке.

Аналогичным способом задать весовой коэффициент трудности задач. Каждой задаче присвоить порядковый номер. Номера задач присвоить

строкам матрицы, номера элементов учебного материала — столбцам матрицы. Далее, на пересечении строки и столбца ставить значение весового коэффициента трудности задачи (Bij=0,1,2 и т.п.).

Таким образом, количественный расчет весового коэффициента трудности задач и уровня сложности учебного материала сводится к сортировке строк матрицы по возрастанию (убыванию) их значений и выбору строк с наибольшим (наименьшим) значением.

Опираясь на основные положения процесса управления деятельностью в АОС [12,13,14,15] описанным выше параметрам можно поставить в соответствие уровни сформированности ценностно-целевой компоненты:

- нулевой уровень — отсутствие у обучаемого какого-либо стремления учиться, интеллектуально развиваться, расширять свой кругозор. Для этого уровня характерно то, что обучаемый, являясь потребителем информации, в процессе обучения не генерирует «полезную» информацию для АОС (отсутствуют ответы на задания, вопросы, просьба помощи, запросы на учебный материал и т.п.) самостоятельно или в случае получения напоминаний от АОС;
- низкий уровень — для этого уровня характерно то, что обучаемый, являясь потребителем информации, в процессе обучения генерирует «полезную» информацию для АОС ответы на задания, вопросы, просьба помощи, запросы на учебный материал и т.п.) в случае получения напоминаний от АОС;
- средний уровень — для этого уровня характерно то, что обучаемый в процессе обучения самостоятельно выполняет определенные в системе формальные требования (норматив);
- высокий уровень — в этом случае обучаемый в процессе обучения самостоятельно выполняет на уровне выше среднего определенные в системе формальные требования.

Использование выделенной совокупности параметров и предложенных алгоритмов оценки некоторых составляющих ценностно-целевой компоненты компетенций позволяют, на наш взгляд, наметить пути повышения объективности оценки уровня сформированности компетенций обучающегося средствами АОС.

Библиографический список

1. Артюшина Л.А. Достоверность оценки знаний обучаемых в распределённых информационных образовательных системах: постановка проблемы // Фундаментальные исследования. - № 10 (часть 3) 2015. С. 454-457.

2. Артюшина Л.А., Полянский Д.А., Амочкин А.В. Разработка математической модели банка заданий подсистемы контроля знаний обучаемых в информационных образовательных системах // Динамика сложных систем – XXI век / Л.А.Артюшина, Д.А.Полянский, А.В. Амочкин. - №4. 2015. - С.58-62.

3. Анохина-Наумец А.В., Лукашенко Р.С. Интеллектуальная система оценивания знаний: модель студента и методика экспериментальной проверки алгоритма адаптации. Режим доступа:
http://ifets.ieee.org/russian/depository/v14_i2/pdf/6r.pdf.

4. Батаков Б.Л. Общепрофессиональная подготовка студентов бакалавриата с применением компьютерно-информационной обучающей системы: Автор. дис. канд. пед. наук. - Казань, 2015.- 24 с.

5. Буль Е.Е. Обзор моделей студента для компьютерных систем обучения // Educational Technology & Society 6(4) 2003. – Режим доступа:
http://ifets.ieee.org/russian/depository/v6_i4/pdf/G.pdf.

6. Ваганова О.И. Методы оценки объема учебного материала, подлежащего запоминанию в курсе математики полной средней школы: дис.... канд. пед. наук. Н. Новгород, 2004. - 141 с.

7. Войт Н.Н. Разработка методов и средств адаптивного управления процессом обучения в автоматизированном проектировании: дис....канд. тех. наук. - Ульяновск, 2009. - 234 с.

8. Волянская Т.А. Виртуальный музей истории информатики в Сибири // Новые информационные технологии в науке и образовании. – С.124-146.

9. Демьянов А.В. Методы и алгоритмы управления интеллектуальными компьютерными обучающими системами: дис....канд. тех. наук. - Пенза, 2007. - 184 с.

10. Дмитриева В.В. Разработка распределенной информационной научно-образовательной среды «Электрофизика»: дис.…канд. тех. наук. - М., 2012. - 231 с.

11. Леонова Н.М. Методы адаптивного структурно-параметрического управления и идентификации многосвязных социальных объектов на примере образовательной деятельности: дис....д-ра тех. наук.- М., 2006.- 339 с.

12. Майоров А.Н. – Теория и практика создания тестов для системы образования. – М.: «Интеллект-центр», 2001. –296 с.

13. Мамиконов А. Г. Достоверность, защита и резервирование информации в АСУ. М.: Энергоатомиздат, 1986. 304 с.

14. Пименов В.И. Методы, модели и алгоритмы интеллектуального анализа данных при создании обучающих систем в текстильной и легкой промышленности : дис.... д-ра тех. наук. - С-Пб, 2009. - 319 с.

15. Рабинович П.Д. Исследование и разработка моделей, алгоритмов и программного обеспечения в компьютерных обучающих системах: дис. …канд. тех. наук. - М., 2005. - 150 с.

16. Репьев А.В. Программное обеспечение адаптивной системы дистанционного обучения: Автореф. дис. канд. тех. наук. - М., 2007.- 16 с.

17. Сологуб Г.Б. Разработка математических методов и комплекса программных средств имитационного тестирования знаний на основе семантических моделей: Дис. ... канд. физ.-мат. наук: 05.13.18, 05.13.11 / Сологуб Г.Б. - Москва, 2013. - 134 с.

18. Хуторской А.В., Хуторская Л.Н. Компетентность как дидактическое понятие: содержание, структура и модели конструирования // Проектирование и организация самостоятельной работы студентов в контексте компетентностного подхода: Межвузовский сб. науч. тр. / Под ред. А.А.Орлова. – Тула: Изд-во Тул. гос. пед. ун-та им. Л.Н. Толстого, 2008. – Вып. 1. – С.117-137.

19. Хуторской А. В. Технология проектирования компетенций /А. В. Хуторской // ОБЖ. Основы безопасности жизни. - М.: Русский журнал, 2014, № 3. - С.35-42.

SOME APPROACHES TO THE UNIVERSITY PROFESSIONAL TRAINING BASED ON COMPUTER-AIDED TRAINING SYSTEMS

© L. A. Artyushina
Vladimir state University named after A. G. and N. G. Stoletovs
e-mail: larisa-artusina@yandex.ru

Abstract. The article deals with some automated measurement aspects of the students' development level of such competence components as value, purpose. The author offers calculation algorithms that would make it possible to measure the competence level of a particular student.

Keywords: competency-based education model, educational systems, computer-aided training systems

УДК 316.344.32

БЮРОКРАТИЯ И РОЛЬ ИНТЕЛЛЕКТУАЛОВ В УПРАВЛЕНИИ

© Г.Р. Байтурина
Московский технологический университет, Москва, Россия
e-mail: baiturina@gmail.com

Аннотация. В статье рассматривается необходимость развития научно-исследовательских, образовательных и инженерных направлений, обеспечивающих инновационные аспекты высшего и дополнительного профессионального образования, а также важная роль в этом процессе государственной системы образования, которая должна создать устойчивый социальный слой интеллектуалов, высокопрофессиональных управленцев, обладающих знаниями производственных, технологических и трудовых процессов, а также культурой управления.

Ключевые слова. Бюрократия, профессионалы, управление, общество, интеллектуалы, знания, образование.

Процесс интенсивного перехода к индустриальному обществу и серьезные изменения в сфере общественного производства привели к стремительному росту числа специалистов с высшим техническим образованием и офисных служащих, а важным фактором производства стали научно-технический потенциал, знания и технологии. Последовало большое количество исследований таких социальных категорий как интеллигенция, интеллектуалы и профессионалы, с учетом лексических тонкостей использования данных терминов; анализ их функции и значения в обществе. Существенно усложняли исследовательскую задачу множество дефиниций в отношении интеллектуалов. А. Грамши, М. Фуко, Э. Ледерер, Ч. Милз, М. Линд, Маркузе, К. Мангейм, А. Гоулднер, У. Гуд, Р. Холл, М. Ларсен, Э. О. Райт, Д. Голдторп давали свои определения понятиям «интеллектуальный класс», «новый средний класс», класс «белых воротничков», «сословие болтунов», креативный класс, «новый класс», «профессионалы» и т.д.; рассматривали роль этих социальных страт.

Одни исследователи считают, что интеллектуалы оказывают значительное влияние на общественное развитие (например, С.М. Липсет, Д. Гэлбрайт, Д. Белл), другие (например, Р. Миллс, Э. Фромм) говорят о постепенной утрате ими своей роли и влияния на общество. Однако изучение феномена интеллектуалов и их роли в управлении остается крайне актуальным. Интеллектуалы распространены во всех общественных институтах, они являются основными поставщиками управленческих кадров, мо-

гут организовать и возглавить любые движения, стать фактором стабильности или сыграть дестабилизирующую роль на политической арене. Публичные интеллектуалы способны осмысливать и объяснять через различные средства массовой информации социально-экономические проблемы, политические процессы, происходящие в обществе. Ученые способствуют научно-техническому и инновационному развитию страны. Управленцы разного уровня и инженеры с большим практическим опытом и высоким уровнем компетентности способны управлять изменениями в условиях неопределенности. Работники системы образования готовят интеллектуальный потенциал будущего страны и способствуют распространению интеллектуальных учреждений.

Одним из первых вопросы о сложности управления обществом, о самостоятельной роли ученых и интеллектуалов как класса с собственными социальными интересами в борьбе за власть, поставил Бакунин [1]. Американский социолог Д. Белл в своих работах ссылается на объективный процесс возрастания роли ученых, элиты постиндустриального информационного общества. Он говорит о науке и адаптивности к новым знаниям и непрерывному обучению, как об «осевых» принципах общества, где господствующими учреждениями станут университеты, а техническое образование - средством достижения управленческого ресурса, что заставит считаться с технической интеллигенции в политическом смысле.

Среди множества концепций нового класса можно выделить подход Алвина Гоулднера, который разделяет передовой новый класс на две социальные группы, научно-техническую интеллигенцию и гуманитарный интеллектуалитет, а «прирожденные преимущества» нового интеллектуального класса описывает через понятия языковой общности и культуры речи, хорошего образования и наличия культурного капитала [2]. В своем творчестве А. Гоулднер отражает логическую связь между исследованием нового класса интеллектуалов в целом, и бюрократией; анализирует современное противостояние между бюрократией и интеллектуалами, определяет миссию нового класса, которая заключается в готовности забрать власть у экономической правящей элиты и нести ответственность за функционирование социальной системы. Бюрократия, в свою очередь, начинает исполнять представительскую функцию и теснить правящие элиты, претендуя на монополию производства правильного мировосприятия. Противостоять бюрократии, по мнению Гоулднера, способен лишь социальный слой интеллигенции, как класс, который обладает культурным и символическим капиталом, культурой критического анализа и рефлексивного отношения к знанию, а также социальной силой революционного движения за будущее общественного развития,

что обеспечит ему властвующие функции в обществе и особое место в социальной иерархии.

Осознание неизбежности и необходимости общественных преобразований побуждает интеллектуалов обратиться к изучению сущности, природы и особенностей самой бюрократии, как препятствия на пути важных трансформаций. На сегодняшний день социология чаще обращается к широким обобщениям и теоретическим представлениям о бюрократии, нет необходимых и достаточных исследований для оценки влияния бюрократизации на взгляды интеллектуалов, для обоснованного анализа и определения роли интеллектуалов в социальной политике и управлении обществом. Прикладные социологические исследования взаимодействия бюрократии и личности могут дать возможность перейти от приблизительных субъективных представлений к функциональному анализу конкретных структур для расширения восприятия социальной структуры общества, а также с целью углубить понимание принципов, по которым различные типы бюрократии отбирают определенные типы личности при комплектовании кадров, на основе открытой конкуренции или патронажа, в зависимости от уровня и специфики образования, ментальных способностей, практического опыта, стремления к господству или подчинению в различных ситуациях бюрократической администрации. [3]

Сегодня понятие интеллектуала относится скорее не к определенному профессиональному сообществу, а к социальной роли человека, которая может совпадать с профессиональными ролями в зависимости от реального характера деятельности, а может и не совпадать. Многие молодые интеллектуалы отказываются от стабильности, которую им способна дать бюрократическая система, сознательно занимают позицию стороннего наблюдателя и обращаются к научной или преподавательской деятельности, с возможностью реализовать свои интеллектуальные интересы и избежать прямой зависимости от давления власти и бизнеса. Научные сообщества зачастую остаются изолированы от каналов коммуникации с политической элитой, вопросы о проблемах и приоритетах развития государства обсуждаются на публичных площадках в пределах их профессиональной среды, а выработанные рекомендации не находят практического применения.

У Дж. Гэлбрейта, современная власть ассоциируется с доступом к информации и знаниям, и центр эффективного управления обществом смещается «от капитала к организованному знанию» [4]. Все чаще интеллектуалы мотивируются и привлекаются в качестве экспертов для нужд государственного управления и институтов гражданского общества. Переход в органы государственной власти часто превращает интеллектуалов из свободно мыслящих людей в специалистов бюрократического аппарата, которые помогают формулировать или осуществлять административные

решения для нововведений через легитимные властные структуры. Интеллектуалы становятся значимыми политическими акторами тем быстрее, чем раньше они подключаются к бюрократической системе, чем выше их интеллектуальная экспертная автономия и чем ценнее капитал производимого ими знания. Однако, все больше врастая в ткань бюрократического аппарата, интеллектуалы уже не имеют возможности эффективно влиять на господствующую политику и склоняются к исполнению технической роли, оказывая поддержку тем, от кого зависит их доход. Они становятся функциональным придатком, вынуждены зачастую пересматривать свои первоначальные взгляды и, по мнению, Р. Мертона, принимать роль проводника той политики, которую определяют политические деятели. Напротив, профессионалы, попадающие на государственную службу, должны ориентироваться не на требуемую системой поведенческую конформность, а на внутренние диспозиции, видеть дальше других и оценивать последствия, проявлять альтруистическое поведение в отношении проблем клиентов, получая в обмен определенную автономию.

Интенсивное развитие интерактивных информационно-коммуникационных технологий, экспансия социальных медиа, смещают властный потенциал от государства к обществу, открывают интеллектуальной элите и гражданскому обществу каналы коммуникации с властью, как инструмент, позволяющий повысить эффективность участия в управлении, выявить болевые точки и сформулировать актуальные идеи для внедрения новых программ государства с позиции гражданской ответственности. Большинство граждан имеют возможность непосредственно участвовать в принятии решений на уровне местного самоуправления, для чего обычно достаточно наличия обыденного здравого смысла и личного жизненного опыта. Однако барьер гражданской компетентности растет, когда на повестку выносятся проблемы институционального, экономического и социально-политического развития страны. Вместе с тем практически все сферы общественной жизни оказываются под влиянием и управлением интеллектуалов, которые осуществляя различные виды интеллектуальной деятельности, формулируют социальные нормы, контролируют их исполнение.

Государство должно осознавать, что необходимо поддерживать и расширять социальную базу своих сторонников и защитников. По мнению Михельса, на эту роль защитников государства подходят именно образованные и активные представители среднего класса, молодые интеллектуалы, пополняющие сегодня бюрократический аппарат. Большое воздействие на формирование государственного аппарата и процесс создания идеологической картины проектируемого будущего оказывает образовательная система. Мощный подъем науки и бурный рост числа

университетов при материальной и патронажной поддержке со стороны государства, призваны обеспечить постоянный приток не только профессиональных, но одновременно идеологических кадров. Для повышения эффективности общественного диалога на условии продуктивного взаимодействия граждан с государством особенно важна способность интеллектуальной элиты критически осмысливать происходящие в обществе процессы и обладать профессиональными знаниями из комплекса общественно-научных дисциплин, экономики, права, социологии, политологии, демографии и других областей гуманитарного знания о жизнедеятельности общества.

Основная масса чиновников в нашей стране на текущий момент, к сожалению, не имеет достаточного уровня образования и профессионализма, уровня культуры и, соответственно, способности компетентно решать вопросы государственного значения. Множество псевдонаучных институтов, которые разрабатывают концепции общественного и экономического развития страны, олигархические элементы и обслуживающие их интересы управленцы, средства массовой информации, навязывающие определенное видение мира, радикальное сокращение гуманитарной составляющей технического образования тормозят модернизационные процессы и возможности инновационного планирования.

В связи с этим актуализируется проблема необходимости подготовки новых интеллектуальных кадров и повышения уровня профессионализации действующего бюрократического аппарата в сфере государственного управления. Для этого необходимо изучать образовательную систему и технологии, способные решать задачи качественной подготовки будущей профессиональной элиты, анализировать имеющийся опыт в сфере элитного образования. Важно взвешенно и ответственно подойти к реформированию специальных каналов, таких как школьное и университетское образование, которые призваны производить, транслировать и оценивать знание, формировать профессиональные компетенции. Образование в отсутствии педагогической цели утрачивает системность и без воспитания не может быть эффективным в принципе. Необходимо управлять университетской деятельностью и регулировать академическую автономию. [5]

На смену научно-техническому развитию пришел инновационный прогресс. Его социальным представителем стал новый креативный класс интеллектуалов, который своим образом жизни задает модели поведения для среднего класса в целом, что вполне соответствует его роли в рамках современной концепции устойчивого развития. Государство должно стать важным агентом модернизации, а формулировать модернизационные проекты смогут только интеллектуалы в рамках института рациональной бюрократии, ориентированной на развитие. Реализация иннова-

ционной готовности и формирование инновационной культуры станут возможны лишь в случае развития научно-исследовательских, образовательных и инженерных направлений, обеспечивающих инновационные аспекты развития высшего и дополнительного профессионального образования. Формирование нового поколения руководителей должно осуществляться на научной основе с использованием новейших достижений науки и техники, и в этом главная роль отведена государственной системе образования, которая должна создать устойчивый социальный слой высокопрофессиональных управленцев, обладающих знаниями производственных, технологических и трудовых процессов, а также культурой управления.

Библиографический список

1. Szelenyi I., Martin B. The Three Waves of New Class Theories and a Postscript / Intellectuals and Politics: social theory in a changing world. Ed. by Charles C. Lemert – Newbury Park, CA.: Sage Publications,1991. P.19-30.
2. Gouldner A. The Future of Intellectuals and the Rise of the New Class. – N.Y.: Seaburypress, 1979. – 121 p.
3. Dwaine Marwick, Career Perspectives in a Bureaucratic Setting (Ann Arbor: University of Michigan Press, 1954).
4. Gittler J. Social Dynamics. NY, 1952.
5. Деррида Ж. Университет глазами его питомцев // Отечественные записки. 2003. № 6. С. 186.

BUREAUCRACY AND THE ROLE OF INTELLECTUALS IN GOVERNANCE

© G.R. Bayturina
Moscow Technological University, Moscow, Russia
e-mail: baiturina@gmail.com

Abstract. The article considers the importance of the development of educational, engineering and research areas that will ensure the progress of innovative aspects of higher and additional professional education, and an important role of this process of public education, which is intended to create sustainable social category of intellectuals, highly professional managers with the board of knowledge in the areas of production, technological and labour processes and management culture.

Keywords. Bureaucracy, professionals, governance, society, intellectuals, knowledge, education.

УДК-378.1

МОЛОДЕЖЬ И ОБРАЗОВАНИЕ: ТРАДИЦИИ И ИННОВАЦИИ

© И.В. Верезгова, © С.В. Тихонова
Московский технологический университет, Москва, Россия
e-mail: viv-vera@mail.ru, svetlanavt@list.ru

Аннотация. В работе показано как изменилась парадигма образования за последние десятилетия. Обращено внимание на то, что акцент с теоретического знания, базового набора фундаментальных знаний перенесен на их практическое применение, на навыки. Акцентировано внимание на том, что произошла смена поколений. Нынешнее поколение, владеющее современными компьютерными технологиями, получило название «Поколение Z» - поколение, рожденных на рубеже XX-XXI в. Выявлена взаимосвязь новаций в образовании – компетентностный подход – и поколения Z.

Ключевые слова. Образование, молодежь, «Поколение Z», цифровые технологии, компетентностный подход.

Динамичное развитие современного государства, его настоящая устойчивость и перспективы зависят, во многом, от молодежной политики, которую оно проводит. Сложность современного мира, инновационные технологии, которые все чаще используются в системе производства, многообразные культурологические вызовы начала XXI века, стоящие перед обществом, для адекватного восприятия и разрешения требуют определенного уровня образования. В настоящее время даже профессии, ранее предполагавшие среднее специальное образование, содержательно настолько усложнились, что требуют более высокую квалификацию специалиста — высшее профессиональное образование.

Традиционное образование было ориентировано на фундаментальные знания, полученные в образовательном учреждении. Это так называемая гумбольдтовская модель, которая сложилась примерно 150 лет назад. Задачей университетов было, прежде всего, подготовить специалистов для длительной профессиональной деятельности. Важно было дать базовый набор знаний, которые помогали бы специалисту решать конкретные задачи и уметь совершенствовать свои знания путем самообразования. Максимум теории, «чистой науки» для последующей практики. В настоящее время задачи изменились, что связано, по словам Ж. Делора с переходом к «обществу образования».

Высшее образование сегодня в России получает более 40 процентов молодежи, окончившей школу. Это один из элементов государственной политики, связанный с социализацией молодежи, являющийся фактором устойчивого развития страны. Это поколение, прекрасно владеющее современными компьютерными технологиями, просторами Интернета и не мыслящее свою жизнь без социальных сетей. В отечественной литературе оно получило название «Поколение Z» – это поколение, рожденных на рубеже XX-XXI века.

Технологическая революция конца XX века и ее социальные последствия, послужили своеобразным разделом между поколениями. В 1991 году два американских ученых-демографов Нейл Хоув и Вильям Штраус в книге «Поколения» попытались показать, что люди, принадлежащие одной возрастной группе, имеют примерно идентичный набор ценностных ориентаций и моделей поведения. Данный вывод был сделан на основе изучения большого объема фактических данных. На наш взгляд российское общество сейчас переживает процесс смены поколений. Он выражается в смене ценностных ориентаций, приоритетов, стимулов образования и профессиональной деятельности современной молодежи. Смена поколений в настоящее время стимулировала и еще раз подтвердила необходимость проведения реформы образования [1].

Кардинальное реформирование всей системы образования началось в нашей стране с конца 1990-х годов. И связано это было, в первую очередь, с необходимостью вступления России в единое европейское образовательное пространство. Еще в мае 1998 года была принята Сорбонская декларация, подписанная Францией, Германией, Италией, Великобританией о «гармонизации архитектуры европейской системы высшего образования». А 19 июня 1999 года в Болонье министры образования 29 государств подписали Декларацию о европейском регионе высшего образования. В октябре 2003 года в Берлине Россия присоединилась к Болонскому соглашению.

Сейчас наиболее важным аспектом при переходе на уровневую систему российского высшего профессионального образования, которая реализуется в рамках Болонского процесса, является введение компетентностного подхода к оценке качества результатов образования, положенного в основу разработки федеральных государственных образовательных стандартов.

По мнению многих специалистов, построение образовательного процесса на основе компетентностного подхода предполагает, прежде всего:

- постановку образовательных целей в контексте развития у студента способности самостоятельно решать проблемы в сфере профессиональной деятельности;
- отбор содержания профессиональной подготовки в образовательном процессе, который опирается на целостное представление о совокупности учебно-профессиональных задач;
- организацию образовательного процесса, которая направлена на создание условий для формирования у студентов опыта самостоятельного решения познавательных, коммуникативных, организационных, нравственных и иных проблем профессиональной деятельности;
- оценку достигнутых результатов, которая предполагает альтернативу проверке нормированных содержательных единиц – оценку компетентности студента» [2, С.6]. Становится очевидным, что включение компетентностного подхода в систему высшего профессионального образова-

ния направлено, главным образом «на улучшение взаимодействия с рынком труда, повышение конкурентоспособности специалистов, обновление содержания, методологии и соответствующей среды обучения» [3].

Как же подобные новации в образовании связаны с поколением Z? Прежде всего, говоря об изменении института образования, подчеркнем, что одной из задач стоящих сегодня является создание системы навыков, способностей, которые помогли бы им решать профессиональные задачи. Акцент с теоретического знания, базового набора фундаментальных знаний перенесен на их практическое применение, на навыки (хотелось бы верить, что не в ущерб теоретическому знанию). В качестве важнейших провозглашены задачи коммуникации: выработать навыки общения, через образование взаимодействовать с другими людьми и др. Поколение Z общается в основном в социальных сетях.

В настоящее время устарели традиционные методы профориентации. Если ранее считалось отрицательным фактором частая смена человеком места работы, то сегодня для поколения Z это почитается нормой. Молодые люди становятся более мобильными в вопросах устройства на работу и смены рода занятий. И если в прежние времена в основном выбирались профессии, в которых наблюдался общественный запрос, то сегодня в выборе превалирует личный интерес, состояние комфорта, отсутствие скуки.

Один из главных акцентов в современной системе образования сделан на цифровые технологии. Человек XXI века буквально живет технологиями. В Цюрихском университете было проведено исследование, которое показало, что не только технические устройства адаптируются к потребностям человека. Сам человек также приспосабливается к тому стилю интерактивности, который ему предлагают электронные гаджеты. В результате происходят серьезные изменения и с человеком: возникают иные привычки работы с текстами и с информацией в принципе. Для поколения Z важным становится не знать или помнить, а быстро и эффективно найти необходимые сведения в Интернете.

Поколение Z сформировалось на основе ЕГЭ-культуры. У молодежи развиты иные виды памяти, они привыкли действовать по шаблону. В результате возникает серьезная проблема реализации креативности, творческих возможностей самого человека. Правильно поставить вопрос, сформулировать задачу, найти алгоритмы ее решения — важнейшие навыки, которые необходимо привить в процессе получения образования. Поколение Z, как правило, алгоритмы решения будет искать в интернете. Проанализировав большие объемы информации, они способны достаточно быстро найти или предложить свои варианты решения проблемы.

Итак, стране нужны новые образовательные модели, ориентированные на потребности обновленной экономики, требующей самостоятельного принятия решений, творческой деятельности на каждом рабочем месте. Именно перед системой образования стоят сегодня задачи не только дать фундаменталь-

ные знания, но и с учетом новых тенденций в становлении современного поколения — поколения Z — привить навыки эффективной работы.

Библиографический список

1. Howe, Neil; Strauss, William (1991). Generations: The History of America's Future, 1584 to 2069. New York: William Morrow & Company.

2. Разработка программ подготовки профессорско-преподавательского состава к проектированию образовательного процесса в контексте компетентностного подхода: Монография / Под ред. Г.А. Бордовского, Н.Ф. Радионовой, А.В. Тряпицына. – СПб.: Изд-во РГПУ им. А.И.Герцена, 2010.- 243 с.

3. Мединцева И. П. Компетентностный подход в образовании // Педагогическое мастерство: материалы II Междунар. науч. конф. (г. Москва, декабрь 2012 г.). — М.: Буки-Веди, 2012.

4. Верезгова И.В. Модернизация современной России и формирование этоса профессионала // Сборник научных трудов Второй Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы развития радиотехнических и инфокоммуникационных систем». Часть 2. – М.: МГТУ МИРЭА, 2015. – С. 335-338.

5. Верезгова И.В., Тихонова С.В. Ценностные ориентации молодежи в условиях инновационного развития России // Каспийский регион: политика, экономика, культура. 2016. №1. С.36-41.

6. Тихонова С.В. Дистанционное обучение: тенденции и перспективы развития // Сборник научных трудов Второй Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы развития радиотехнических и инфокоммуникационных систем». Часть 2. – М.: МГТУ МИРЭА, 2015. – С. 401-405.

YOUTH AND EDUCATION: TRADITIONS AND INNOVATIONS

© I.V. Verezgova, © S. V. Tikhonova
Moscow Technological University, Moscow, Russia
E-mail: viv-vera@mail.ru, svetlanavt@list.ru

Abstract. The paper traces the change in the education paradigm over the last decades, underscoring the shift in emphasis from theoretical knowledge and a basic set of fundamental knowledge to practical applications and skills. Particular attention is given to alternation of generations. The current generation born at the turn of the centuries and well-versed in modern computer technologies has been dubbed "Z generation". The interrelation between the innovations in education, i.e. the competency-based approach, and "Z generation" is highlighted.

Key words: Education, youth, "Z generation", digital technologies, competency-based approach

УДК 378.4

ВКЛАД Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА В РАЗВИТИЕ УНИВЕРСИТЕТСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

© О.А. Вольнякова
Московский технологический университет, Москва, Россия
e-mail: volya4@mail.ru

Аннотация. Проблема высшего университетского образования – одна из ведущих на современном этапе инновационного развития общества. В России существует богатая традиция обращения философской и научной мысли к вопросам высшего образования. Это находит своё подтверждение в книге Д.И. Менделеева «Заветные мысли», где ученый-химик демонстрирует государственный подход и уровень философского осмысления данной проблемы.

Ключевые слова. университет, высшее образование, М.В. Ломоносов, Д.И. Менделеев

Подготовка профессиональных кадров – это проблема, которая всегда стоит на повестке, находится в центре внимания общества, государства, так как новые вызовы и задачи требуют новых современных подходов к их решению, особенно на переломных этапах развития культуры, науки и технологий.

Решение задачи подготовки профессиональных кадров осуществляется, прежде всего, через систему образования. Хотя она имеет длительную историю и уходит своими корнями в Античную Грецию и Древний Рим, современный этап развития образования нуждается в глобальных подходах к его осмыслению и развитию. Основные проблемы образования с давних пор находились на пересечении интересов многих областей знания, в том числе, они всегда являлись предметом изучения философии. Неслучайно на рубеже XX и XXI веков формируется новая область философского знания – философия образования, что означает переход проблемы на уровень философского осмысления, философской рефлексии на проблемы образования, таких как место и смысл образования в культуре, тенденции его развития, формирование идеала образованности.

При этом проблемы образования, понимания того, каким оно

должно быть, всегда находили место в философских концепциях на протяжении всего периода развития философской мысли. Этими вопросами задавались не только философы, но и выдающиеся ученые-естествоиспытатели, поднимающиеся в своих размышлениях до уровня философских обобщений. Характерной особенностью их творчества является единство и взаимосвязь философского мышления и естественнонаучных исследований.

Достаточно обратиться к истокам систематического образования в России, созданию Московского университета, план которого был разработан великим русским ученым М.В. Ломоносовым. Принципиальной является позиция М.В. Ломоносова в вопросе о необходимости выделения теологии из системы знаний, которые, по его мнению, должны быть обязательными для преподавания в Московском университете. В университетском регламенте, который ему было поручено составить, он пишет: «думаю, что в Университете неотменно должно быть трем факультетам: юридическому, медицинскому и философскому (богословский оставляю синодальным училищам)». Медицинский факультет, как его мыслил М.В. Ломоносов, был факультетом естествознания, основные кафедры здесь занимали профессора химии, натуральной истории и анатомии. Философский же факультет объединял философию (логику, метафизику и нравоучение), физику, ораторию (красноречие), поэзию, историю и изучение древностей. Отсутствие в ломоносовском плане теологического факультета было новаторским и впоследствии воспроизведено в структуре всех российских университетов. Основание Московского университета стало венцом творчества и общественной деятельности М.В. Ломоносова и резонансным событием для всей русской культуры. Указ императрицы Елизаветы об основании университета, подписанный в Татьянин день 12 января 1755 года, знаменовал собой закрепление за российским государством особой роли в развитии науки и образования. [1]

Эта традиция была продолжена в России другими учеными, среди которых особое место занимает творчество русского химика, ученого-энциклопедиста Д.И. Менделеева (1834-1907). В 1905 году была издана его книга «Заветные мысли», которая является духовным завещанием Д.И. Менделеева будущим поколениям. Среди проблем, которые он поднимает в своем труде (народонаселение, внешняя торговля, промышленность, устройство правительства) особое место занимают главы «Об образовании, преимущественно высшем» и «О подготовке учите-

лей и профессоров. В приложение к «Заветным мыслям», в конец книги автор с удивительной скромностью, со словами: «даже просто смелости у меня такой не хватает» - выносит главу «Мировоззрение», которая уместилась на нескольких страницах, но в ней изложены философские взгляды ученого-химика. Многие из его идей остаются актуальными в настоящее время.

Он в своей работе дает исторический обзор формирования и развития системы образования от Древней Греции и Рима до начала XX века, когда университеты в образовании народов продолжают занимать первостепенную роль, потому что именно они служат образцом для всех прочих высших учебных заведений, так как здесь развились специализация и философское направление высшего образования.

Приступая к исследованию вопроса о высшем образовании в России, Д.И. Менделеев рассматривает его наряду с правительственной системой и промышленным строем, потому что они всегда нуждаются в улучшении, их часто критикуют, но, как пишет автор, одного критического отношения недостаточно, необходимо обсуждение планов и действия. Менделеев подчеркивает взаимосвязь деятельности правительства и развития промышленности с вопросами образования и утверждает, что там, где они не развиты, нет спроса на высшее образование, образованный человек найдет себе место тогда, когда в нем будет нуждаться образованное общество, а иначе «горе от ума».

Учёный-химик высказывает интересную мысль, что начальное и среднее образование преследует преимущественно личное развитие, а высшее образование – общественное и государственное, он диалектически связывает единичное и общее, индивидуальное и социальное. Он пишет: Личное предшествует государственному как детство предшествует зрелости. «Начальное и даже все среднее и общее образование должны иметь дело преимущественно со словом, а высшее – с делом, с жизнью, с общественными, так сказать, внеиндивидуальными отношениями» [2].

Тем самым Д.И. Менделеев демонстрирует государственный подход к вопросу образования, отмечая, что «человек тем более совершенен, чем более он полезен для широкого круга интересов общественных, государственных и всего человечества» [3].

Уже в начале XX века ученый-химик отмечает два исторических изменения, произошедших в высшем образовании. К ним он относит более широкую доступность к образованию в отличие от сословности прежнего времени, а также перемены, касающиеся содержания образования: если

раньше считалось возможным охватить всю совокупность знаний времени, то сейчас образование имеет характер специализации. Эта тенденция сохраняется и спустя 100 лет, в начале XXI века. По мысли Д.И. Менделеева, такие перемены заставляют искать новые подходы к содержанию образования, но принципы, заложенные предшественниками, должны сохраняться. Одним из важнейших является вопрос об оптимальном сочетании естественнонаучного и философского знания в системе образования. Он уверен, что юноша в 17 лет способен уже понимать философские начала, неизбежные при высшем образовании. Он пишет, что в соединении абстрактно-бесконечного с конкретной действительностью состоит весь смысл высших учебных заведений.

Ученый-химик, профессор, много лет проработавший в Петербургском университете, не только высказывает свою принципиальную позицию по этому вопросу, но и аргументирует ее. Он утверждает, что только преподавание философии и других абстрактных наук в сочетании со специальными практическими дисциплинами дает уверенность в результате, который заключается в том, что университет должен воспитывать людей, способных видеть вперед, предвидеть будущее на основе прошлого и существующего. Д.И. Менделеев пишет, что высшие заведения должны воспитывать лиц, «могущих самостоятельно затем идти в область неизвестного, пытливых, обладающих всеми основными способами, необходимыми для достижения еще неизвестных областей знания…» [4]. Каждое новое поколение должно превосходить предыдущее, так как это является фундаментом прогресса.

Особое внимание Д.И. Менделеев уделяет подготовке отечественных специалистов, считая, что необходимо направлять средства для «развития русской научной самостоятельности». Он уверен, что главное вступление в науку должно совершиться в своей стране, а за границу надо посылать уже подготовленных профессоров в командировку «для возбуждения научных связей».

Д.И. Менделеев поддерживал такую форму организации высших учебных заведений, как университеты, при этом подчеркивал, что это должно относиться также к техническим учебным заведениям, объединение которых необходимо в политехнические институты и которое уже началось в начале XX века. Одним из аргументов было то, что в университетах студенты находятся не только под влиянием профессоров, но, общаясь с товарищами разнообразных специальностей, получают большую широту просвещения.

Обращаясь к работе «Заветные мысли», необходимо отметить идеи Д.И. Менделеева, имеющие непреходящее значение для развития российского образования как на протяжении предыдущих ста лет, так и на перспективу. Поднятые им проблемы составляют содержание философии образования, дают ответы на вопрос, каким должно быть высшее образование. Ученый-химик демонстрирует государственное мышление в вопросах образования, ратует за подготовку отечественных профессионалов, настаивает на оптимальном сочетании абстрактных и специальных дисциплин в программе университетского образования, подробно рассматривает пути реализации планов по улучшению подготовки специалистов в области естествознания.

Библиографический список

1. Маслин М.А. Мировоззрение М.В. Ломоносова. К 300-летию великого ученого / М.А. Маслин, О.А. Вольнякова. – М.: Вестник МИТХТ, 2011. – Т.VI, №5. – 4-8 с.
2. Менделеев Д.И. «Заветные мысли» / Д.И. Менделеев. – М.: Изд. «Мысль», 1995. – 233 с.
3. Там же. 226 с.
4. Там же. 248 с.

CONTRIBUTION OF D.I. MENDELEEV INTO DEVELOPMENT OF UNIVERSITARIAN EDUCATION

© O.A. Volnyakova
Moscow Technological University Moscow, Russia
e-mail: volya4@mail.ru

Abstract. Problem of the higher Universitarian education is one of the main on the modern stage of the innovative development of the society. There is an extensive tradition of appealing of philosophical and scientific thought to the questions of higher education in Russia. It finds its confirmation in the book of D.I. Mendeleev "Cherished thoughts" in which the chemist shows State approach and level of philosophical comprehension of the given problem.

Keywords. University, higher education, M.V. Lomonosov, D.I. Mendeleev

УДК 101.1

ОБ ИЗМЕНЕНИИ РОЛИ ФИЛОСОФИИ В СОВРЕМЕННОМ ОБРАЗОВАНИИ

© С.Г. Гладышева, С.В. Леонтьев
Московский технологический университет, Москва, Россия
e-mail: svglad@mail.ru, sem-leont@yandex.ru

Аннотация. Статья рассматривает возможность изменения роли философии в современном образовании, учитывая всё большую потребность в воспитании у учащихся такого качества, как креативность. Предлагается понимание философии как важнейшего источника формирования цельного знания, которое характерно, с одной стороны, для европейской мысли XX –XXI веков, а с другой – для святоотеческой традиции, укорененной в российской культуре.

Ключевые слова. Образование, креативность, личность, цельное знание, нравственное воспитание.

Современное образование в своих целях и задачах обусловлено прагматической установкой: «Задачи образования диктуются требованием социальной адаптации выпускника» [5]. Отсюда, как отмечает, например, О.Д. Шипунова в статье «Проблемы современного образования: феноменология и технология творчества» - приоритет практических курсов, призванных учить конкретным способам действий, гарантирующим успех в достижении практический целей. Исследователь делает вывод о том, что в рамках данного подхода задача развития творческого потенциала учащегося, его способности мыслить продуктивно, не реализуется, даже выглядит излишней: «Ориентация образовательных программ на продуктивное мышление не поддерживается, а скорее противоречит социально-прагматической установке» [5].

Однако, сегодня, в рамках того же прагматистского подхода, все в возрастающей мере ощущается потребность в развитии творческих способностей учащихся - в связи с растущим темпом инноваций в различных областях человеческой деятельности.

Решение этой задачи, при неизменной прагматической установке, состоит, во-первых, в том, что стало уделяться больше внимания психологии учащегося: школьника, абитуриента, студента: выявлению его мотива-

ции к обучению в связи с интересами, склонностями, темпераментом.

Во-вторых, стало актуальным тестирование его на способность к вербально-логическому мышлению, с которой, как правило, и отождествляется творческая одаренность.

Однако, в обоих случаях остается скрытой основа творческого подхода к действительности – личность как носитель и психологических характеристик, и способности к абстрактному мышлению.

Если же исходить из личности как основания того и другого, то выявляется глобальная внутренняя проблема современного образования – неадекватность прагматической установки задаче формирования креативности: обнаруживается, что личностные качества прагматически адаптированного человека и «творческого человека» - полярны. Как показывают исследования, внешние прагматические мотивы – соображения престижа или гонорара, вовсе не способствуют усилению креативности; у творческих людей преобладает внутренняя мотивация [5].

При попытке ответить на вопрос, в чем она состоит, выявляется, что для состоявшейся личности характерно мышление в свете «конечных целей». Тем самым, обнаруживается необходимость рассмотрения человека как существа, имеющего способность и потребность к трансценденции –к выходу за пределы наличного существования, привычных возможностей, в целом, к преодолению своей «эмпирической» ограниченности. Ради завершенности в «теории» (греч. созерцание): конечной целью и предпосылкой любого знания оказывается схватывание всего сущего как единства, гармоничной целостности.

Цельное знание предстает необходимым человеку, хотя и не эгоистически, и не прагматически. Поскольку в этом случае он оказывается способен к переживанию цельности «я», единства внутреннего опыта.

В перечне задач современного образования совершенно «не просматривается» задача созидания цельной личности, как и цельного знания.

Хотя именно в этом контексте возможно было бы рассматривать и оценивать роль философии – со времен своего возникновения направленной на глобальный охват в умозрении бытия в целом, а значит, на достижение внутреннего единства. Задача достижения цельного знания, преодоления уровня «ощущения» и «мнения», изначально являлась центральной для философии – «выйдя» из мифологии, она не рассталась с цельностью как важнейшей характеристикой этой исторически первой формы человеческого знания. Согласно Платону, знание стано-

вится знанием, то есть, созерцанием истины только, когда определяет целое с помощью начал. [4, с. 70]

Со временем, особенно начиная с XVII века, данная трактовка задач философии радикально менялась, например, в прагматизме, в позитивизме, и, конечно, в постмодерне. Однако, и в современной философии изначальное понимание ее главной задачи также встречается: в феноменологии, интуитивизме, персонализме, экзистенционализме, герменевтике, а также в протестантской и католической теологии. Пендиков Н. В. приводит в пример работы Т. Адорно, Ж.-М. Бенуа, А. Бергсона, М. Вебера, Х.Г.Гадамера, Э. Гуссерля, У. Джеймса, В. Дильтея, Г. Зиммеля, Э.Кассирера, Р. Кронера, Ж. Маритена, Г. Маркузе, Г. Марселя, Ф. Ницше, К.Ранера, Г. Рормозера, Ж.-П. Сартра, Э. Трельча, М. Фуко, М. Хайдеггера, В.Хёсле, К. Хюбнера, М.Ф. Шакка, М. Шелера, У. Эко, К.Г. Юнга и др. [2]

С другой стороны, тема философии как цельного знания, присутствует в христианской святоотеческой литературе. Здесь необходимо отметить, что отечественная традиция образования, формировавшаяся в рамках православного мировоззрения, естественным образом подразумевала именно достижение цельного знания в качестве своей главной цели и смысла. В этом качестве особенно ценны труды Г. С. Сковороды, И. В. Киреевского, А.С. Хомякова, П. Д. Юркевича В. И. Несмелова, К. Д. Ушинского, П. Ф. Капетрева, В. П. Вахтерова, П. Ф. Лесгафта и др. По мнению Петруниной Т. А. вполне возможно охарактеризовать православную педагогику как самую значительную в педагогической системе XIX - начала XX в. в России. [3]

Цельное знание важно ещё и тем, что способствует нравственному воспитанию обучающихся поскольку направленно на устроение внутренней иерархии ценностей, на вершине которой оказывается благо всех. Как считает Р. А. Куренкова: «Отличительная черта философского типа мышления – это преодоление эгоистического типа познания и оценки явлений. И. Кант считал, что в отличие от обычного рассуждения, философская мудрость принимает во внимание общее благо. В основе философского мировоззрения лежит ценностный тип мышления и ориентация прежде всего на нравственные гуманистические ценности». [1]

Культура современного общества переживает принципиальное изменение ценностей. Сегодня необходимо иное понимание связи философии и образования.

Библиографический список

1. Куренкова Р. А. Феноменология образования: современный диалог философии и педагогики [электронный ресурс] http://www.congress2008.dialog21.ru/Doklady/11010.htm (дата обращения 12.06.2017)
2. Пендиков Н. В. Цельное знание как гносеологический феномен [электронный ресурс] http://www.dslib.net/ontologia/celnoe-znanie-kak-gnoseologicheskij-fenomen.html (дата обращения 12.06.2017)
3. Петрунина Т. А. Философско-антропологические основания российской педагогики XIX - начала XX вв. [электронный ресурс] http://cheloveknauka.com/filosofsko-antropologicheskie-osnovaniya-rossiyskoy-pedagogiki-xix-nachala-xx-v#ixzz4jyNkdsby (дата обращения 12.06.2017)
4. Платон. Теэтет // Платон.: Собр. Соч. в 4-х т. М.: 1993 Т.2. с 7-80.
5. Шипунова О.Д. Проблемы современного образования: феноменология и технология творчества // Серия “Symposium”, Инновации и образование. Выпуск 29 / Сборник материалов конференции Санкт-Петербург. [электронный ресурс] http://anthropology.ru/ru/text/shipunova-od/problemy-sovremennogo-obrazovaniya-fenomenologiya-i-tehnologiya-tvorchestva (дата обращения 12.06.2017)

ABOUT CHANGING THE ROLE OF PHILOSOPHY IN MODERN EDUCATION

© S. G. Gladysheva, S.V. Leontiev
Moscow Technological University, Moscow, Russia
e-mail: svglad@mail.ru, sem-leont@yandex.ru

Abstract. The article considers the possibility of changing the role of philosophy in modern education, taking into account the increasing need for education of students of such quality as creativity. The understanding of philosophy as the most important source of the formation of integral knowledge, which is characteristic, on the one hand, for European thought of the XX-XX centuries, and on the other for the patristic tradition rooted in Russian culture.

Keywords. Education, creativity, personality, whole knowledge, moral education.

УДК 517.1

ПРОБЛЕМЫ ПОЛУЧЕНИЯ КАЧЕСТВЕННОГО ОБРАЗОВАНИЯ ПО МАТЕМАТИКЕ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

© Н.В. Горушкина
Национальный исследовательский технологический университет МИСиС, Москва, Россия
e-mail: ninagor47@yandex.ru

Аннотация. В работе обсуждаются проблемы получения знаний по математике в технологическом университете, качество которых зависят от многих факторов, среди которых важное место занимает фактор наличия индивидуальных способностей студентов, творческих личностей среди преподавателей и наличия профессионализма.

Ключевые слова. университет, математика, образование, качество

1. Министерство образования и науки РФ устанавливает единые требования для получения высшего образования. Но полученные знания в разных средних школах разные, поэтому, поступив по ЕГЭ в ВУЗы, студенты оказываются в неравных условиях получения образования. Эти знания зависят от многих факторов, среди которых важное место занимает фактор наличия индивидуальных способностей студентов, творческих личностей среди преподавателей и наличия профессионализма (немалое значение имеет и оплата труда по затрачиваемым усилиям и результатам работы преподавателей). Хорошая работа должна стимулироваться хорошей оплатой. Нынешняя оплата труда преподавателей подрывает устои высшей школы.

2. Есть одна проблема, которая не учитывается большинством ВУЗов. Обучение в ВУЗах происходит по учебным планам без учета физиологических возможностей человека. Если читаемый курс не подкрепляется практическими занятиями через 2-3 дня, то он не закрепляется в памяти. Да и в голове получается мешанина от разных курсов, изучаемых в один день. Было бы более полезно изучать предметы ***циклами*** (в медВУЗах это так и происходит). В течение 2-3 недель можно «купаться» в 2-3 неконкурирующих курсах (например, математика+философия+физкультура), сдать зачет или экзамен и приступить к другим предметам (разделам курса). Конечно, физическая нагрузка на преподавателей значительно увеличивается, многие не смогут выдержать такой нагрузки из-за физических проблем и отсутствия должного профессионализма. Но качество обучения возрастет.

3. Очень много студентов отсеивалось на первых курсах из-за невозможности преодолеть математику и физику в технических ВУЗах. Программы по этим дисциплинам в разных ВУЗах одинаковы (в основном).

Возможно никогда в будущей работе многим из них не понадобятся знания по тройным интегралам, тензорному исчислению, квантовой электронике и другим курсам, но сдать экзамены необходимо любыми путями. А не полезно ли было составлять программы обучения специалистами в получаемой квалификации в соответствии с запросами промышленности?

4. Целесообразно проводить письменный экзамен. Студентам можно заранее дать некоторый набор обязательных задач, которые необходимо уметь решать, чтобы получить удовлетворительную оценку. Для более сильных студентов следует предлагать задачи, требующие творческого подхода.

5. В Московском институте стали и сплавов хорошо зарекомендовала себя практика выдачи студентам домашних заданий при помощи «Электронного задачника». Были затрачены большие усилия по созданию программ для получения индивидуальных условий заданий по многим темам. Но сейчас студенты получают абсолютно индивидуальные задания, имеют возможность на компьютере проверять ответы, преподаватели получают распечатку условий и ответов (поэтому все очень быстро можно проверить). Начинающему преподавателю сначала, конечно, приходится столкнуться с некоторыми сложностями, но с приобретением опыта все оценивают эту практику положительно.

6. Для сохранения контингента преподавателей кафедры вынуждены ослаблять требования к сдаче экзаменов, так как по требованиям Министерства по науке и образованию количество штатных сотрудников пропорционально количеству студентов. Это наносит вред российскому образованию.

Таким образом, качество получения знаний по математике зависит от личных способностей, школьной подготовки, профессиональных способностей преподавателей и методик подготовки. Объем полученных знаний должен определяться выбранной профессией и требованиями по месту работы. Профессионализм должен стимулироваться соответствующей оплатой труда.

THE PROBLEM OF OBTAINING A QUALITY EDUCATION IN MATHEMATICS AT THE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

© N. V. Gorushkina
National research technological University MISiS
e-mail: ninagor47@yandex.ru

Abstract. This paper discusses the problem of obtaining knowledge of mathematics at the University of technology, the quality of which depends on many factors, among which an important place occupies the factor of having individual students abilities, creative personalities among teachers and the availability of professionalism.

Key words. University, mathematics, education, quality

УДК 377.35; 377.5

ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ ПРОФЕССОРСКО-ПРЕПОДАВАТЕЛЬСКОГО СОСТАВА ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ В УСЛОВИЯХ ИХ СЕТЕВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С ПРЕДПРИЯТИЯМИ ОПК

© Ю.Я. Еленева, В.Н. Андреев
Московский государственный технологический университет «СТАНКИН», Москва, Россия
e-mail: yu.eleneva@stankin.ru, andreevv85@mail.ru
© А.А. Сиганьков
Московский технологический университет, Москва, Россия
e-mail: sigankov@mirea.ru

Аннотация. В настоящее время остро встала проблема подготовки кадров для предприятий оборонно-промышленного комплекса (ОПК) России. В настоящей статье предложены модели дополнительного профессионального образования преподавательского состава данных образовательных организаций в условиях их сетевого взаимодействия с предприятиями ОПК. Рассмотрены условия применения и ключевые особенности этих моделей, а также алгоритм подбора участников формирующейся сети.

Ключевые слова. Дополнительное профессиональное образование, преподавательский состав образовательных организаций, обучающих специалистов для предприятий ОПК, сетевое взаимодействие.

В современных экономических реалиях особо значимыми становятся вопросы формирования и систематического развития человеческого капитала. В связи с этим, возрастает роль таких сфер человеческой деятельности как образование, здравоохранение и культура. Не принижая значимости двух последних отмеченных направлений, в рамках данной работы мы хотели бы сосредоточиться именно на проблемах образования. Учитывая сложность и многоаспектность исследуемого объекта, мы остановимся на проблемах технического образования в их приложении к процессу подготовки специалистов для предприятий оборонно-промышленного комплекса (ОПК) страны.

Качественное образование является необходимым условием существования и развития любого крупного государства. Недостаток высококвалифицированных специалистов может привести к негативным последствиям, вплоть до крупных техногенных катастроф.

Продолжающаяся политика антироссийских санкций продемонстрировала уязвимые места российской экономики. Проблемы с импортозамещением возникли в отраслях тяжелой промышленности и высокотехнологичной сфере. Одной из острых проблем является обеспечение достаточного количе-

ства инженерно-технических кадров и качества их подготовки [1].

Модернизация высшей технической школы России призвана обеспечить решение жизненно важной в современном высококонкурентном мире задачи формирования нового поколения высококвалифицированных, инновационно мыслящих специалистов – инженеров для XXI века. Современный мир предъявляет жесткие требования к уровню образования инженерных кадров. Помимо собственно общеинженерной подготовки специалист должен обладать естественнонаучными и социально-гуманитарными знаниями, навыками организационной, управленческой и воспитательной работы в коллективе, сформированным научным мировоззрением, высоким уровнем профессиональной и общей культуры.

Для оборонно-промышленного комплекса, который формирует «щит и меч» страны, в котором создаются уникальные, не имеющие аналогов в мире, технические системы, используются передовые достижения науки и техники, реализуются прорывные технологии, эта задача приобретает особое значение.

Одним из ключевых условий ее успешного решения являются высокий профессионализм и опережающая подготовка преподавательского состава вузов, обучающих специалистов для предприятий ОПК.

Отметим также, что, несмотря на прогрессирующее, повсеместное внедрение в процесс обучения информационно-коммуникационных технологий и технических устройств, образовательное сообщество установило, как не подлежащий сомнению тезис о главенствующей роли и непреходящей ценности преподавателя в образовательном процессе.

Потому так тревожен тот факт, что в высшей технической школе России, в частности, в вузах, ведущих подготовку специалистов для предприятий ОПК, сложилась крайне неблагоприятная кадровая ситуация: средний возраст преподавателей высшей квалификации составляет 60-65 лет, в силу низкой привлекательности работы недостаточен приток молодых преподавательских кадров, существенно снизились эффективность и качество работы аспирантуры как института подготовки научно-педагогических кадров высшей квалификации [2,3].

Работа по сохранению и развитию научно-педагогического потенциала вузов, ведущих подготовку специалистов для предприятий ОПК, должна стать одним из приоритетных, комплексных и многоаспектных направлений деятельности для руководства вузов, Министерства образования и науки Российской Федерации, Министерства промышленности и торговли Российской Федерации, а также предприятий ОПК как основных потребителей молодых специалистов.

При этом требования к квалификации молодых специалистов, предъявляемые предприятиями ОПК, являются базой для определения структуры и содержания вузовских образовательных программ, а, следовательно, опосре-

дованно формируют требования к компетенциям преподавателей вузов и программам их профессиональной переподготовки и повышения квалификации.

Очевидно, что подготовка преподавателей должна проходить в тесном контакте с предприятиями и организациями ОПК, а также отраслевыми научными учреждениями. Однако разрыв традиционных связей вузов с предприятиями и организациями ОПК, который произошел в начале 90-х годов, негативно отразился на подобном сотрудничестве. Так, например, значительно снизились возможности для такой формы повышения квалификации преподавателей, как стажировка на отраслевых промышленных предприятиях и в научных учреждениях. Практически полностью прекратилось использование экспериментально-производственной базы предприятий и организаций ОПК для проведения исследований преподавателями, научными сотрудниками и аспирантами вузов.

Аналогичная с описанной выше ситуация наблюдается и в сфере среднего профессионального образования для предприятий ОПК, с учетом специфики, присущей данной форме образования [4].

В контексте вышеизложенного авторами предлагается подход к реализации программ профессиональной переподготовки и повышения квалификации профессорско-преподавательского состава (ППС) образовательных организаций (программ дополнительного профессионального образования) с привлечением предприятий и организаций ОПК. Учитывая то, что в современной экономической системе, как наиболее прогрессивный, доминирует сетевой подход к выстраиванию взаимоотношений участников, в основу разрабатываемой модели взаимодействия образовательных организаций и предприятий ОПК в процессе подготовки преподавательских кадров будет заложен сетевой подход [5]. Рассмотрим подробнее участников данного взаимодействия, разделив их по уровням подчинения и принадлежности к сфере образования, либо сфере производства (рис. 1).

На федеральном уровне участниками сетевого взаимодействия со стороны образования выступает Министерство образования и науки Российской Федерации, а со стороны производственной сферы – Министерство промышленности и торговли Российской Федерации, государственные корпорации «Росатом», «Ростех» и «Роскосмос», курирующие предприятия оборонно-промышленного комплекса России. На региональном/местном уровне участники сети – это непосредственно образовательные организации, а также созданные при их участии инновационно-ориентированные предпринимательские структуры (сфера образования); непосредственно предприятия и организации ОПК, а также созданные при их участии корпоративные образовательные структуры (сфера производства). При этом следует также отметить сам феномен создания на базе образовательных организаций предпринимательских структур (например, ма-

лых инновационных предприятий), а на базе крупных компаний – образовательных структур (например, корпоративных университетов), указывающий на стремление и тех и других «прирасти» новыми, необходимыми для дальнейшего развития компетенциями.

Рис. 1. Потенциальные участники сетевого взаимодействия.

Проведем классификацию объединений, формирующихся в процессе сетевого взаимодействия образовательных организаций и предприятий ОПК в рамках дополнительного профессионального образования профессорско-преподавательского состава (табл.). Это позволит нам в дальнейшем конкретизировать данные объединения как объекты управления. При этом в качестве классификационных признаков были выделены: уровень взаимодействия, форма сетевого взаимодействия, территориально-отраслевая принадлежность, форма организации, степень диверсификации продуктового портфеля.

Таблица. Классификационные признаки объединений, формируемых в рамках сетевого взаимодействия.

Классификационные признаки	Виды объединений
по уровню взаимодействия	· объединение на федеральном уровне · объединение на региональном/местном уровне
по форме сетевого взаимодействия	· концентрированная сеть · распределенная сеть

Классификационные признаки	Виды объединений
по территориально-отраслевой принадлежности	· территориальное объединение · отраслевое объединение · территориально-отраслевое объединение
по форме организации	· самостоятельное юридическое лицо · структурное подразделение в составе одного из участников объединения · договорная основа
по диверсификации продуктового портфеля	· узкопрофильное объединение · многопрофильное объединение

Далее рассмотрим возможные типы моделей сетевого взаимодействия образовательных организаций и предприятий ОПК в рамках дополнительного профессионального образования профессорско-преподавательского состава. Проанализировав существующие модели сетевого взаимодействия [5,6], для наших условий были выбраны концентрированная сеть и распределенная сеть. Рассмотрим подробнее эти модели и некоторые их характеристики в контексте решаемой нами задачи.

1. Модель сетевого взаимодействия с образованием ресурсного центра как самостоятельного юридического лица. Для реализации данной модели необходимы следующие условия:

- наличие инфраструктуры, где может быть размещен ресурсный центр;
- высокая или достаточно высокая концентрация участников объединения в территориально-отраслевом аспекте.

2. Модель сетевого взаимодействия с образованием ресурсного центра на базе одного из участников объединения. Данная модель может быть использована при наличии следующих условий:

- значимая часть материально-технических ресурсов, которые будут использоваться для реализации образовательной программы, сконцентрирована у одного из участников объединения (например, крупного вуза или корпоративного университета крупного предприятия);
- наличие инфраструктуры, где может быть размещен ресурсный центр;
- высокая или достаточно высокая концентрация в территориально-отраслевом аспекте участников объединения.

3. Модель сетевого взаимодействия на договорной основе. Для реализации подобной модели (тип «распределенная сеть») характерны следующие особенности:

- равномерное распределение материально-технических ресурсов, которые будут использоваться для реализации образовательной программы, между участниками объединения;
- низкая или достаточно низкая концентрация в территориально-

отраслевом аспекте участников объединения, либо объединение осуществляется на федеральном уровне.

В заключение приведем порядок подбора участников сетевого объединения на региональном уровне (рис. 2).

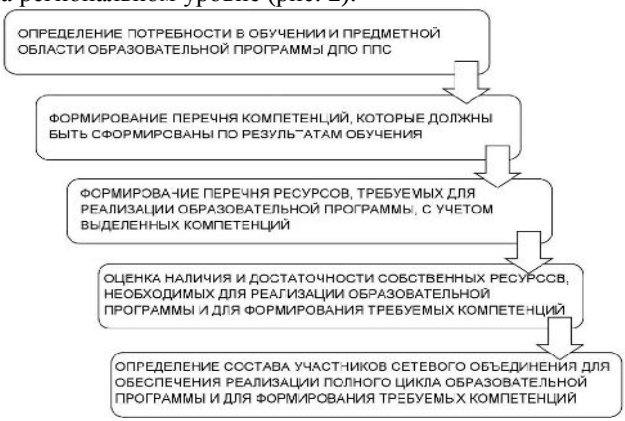


Рис. 2. Порядок подбора участников сетевого объединения на региональном уровне

Отталкиваясь от предметной области образовательной программы дополнительного профессионального образования профессорско-преподавательского состава образовательных организаций и требуемого перечня компетенций, формируется перечень ресурсов, необходимых для реализации данной программы. Далее оценивается наличие и достаточность собственных ресурсов, и для получения недостающих ресурсов из участников сети формируется сетевое объединение, обеспечивающее реализацию полного цикла образовательной программы и формирование требуемых компетенций.

В целом, подводя итоги проведенной работе, можно отметить, что разрабатываемая модель дополнительного профессионального образования профессорско-преподавательского состава образовательных организаций в условиях их сетевого взаимодействия с предприятиями ОПК актуальна и решает важные государственные задачи обеспечения обороноспособности страны за счет создания условий для качественной подготовки специалистов, отвечающих требованиям предприятий ОПК.

Библиографический список

1. Бодрова Е.В., Пирумов А.Р. Подготовка высококвалифицированных специалистов в области техники и технологии как фактор успешной модернизации России // Российский технологический журнал. 2016. Т.4. №4 (13). С. 62-70.

2. Кутин А.А., Андреев В.Н., Ивашин С.С., Долгов В.А. Разработка дорожной карты развития цифрового производства в российской федерации. – Монография. – М.: МГТУ «СТАНКИН», 2017. – 192 с.

3. Еленева Ю.Я., Андреев В.Н. Подготовка кадров в сфере инжиниринговой деятельности: анализ проблем и возможные решения // В сборнике: Вопросы экономики и управления на современном этапе развития Сборник научных статей по итогам Всероссийской конференции. Под ред. И.Е. Бельских. 2015. С. 32-39.

4. Еленева Ю.Я., Просвирина М.Е., Андреев В.Н., Волкова А.В. Анализ и организационная модель проведения мониторинга подготовки рабочих и специалистов со средним профессиональным образованием для организаций ОПК России // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 5. С. 330.

5. Шерешева М. Ю. Формы сетевого взаимодействия компаний. Курс лекций: учеб. пособие / М. Ю. Шерешева; Гос. ун-т — Высшая школа экономики. — М.: Изд. дом Гос. ун-та — Высшей школы экономики, 2010. — 339 с. — (Учебники Высшей школы экономики).

6. Ю.Я. Еленева, М.Е. Просвирина, В.Н. Андреев. Разработка модели организации дополнительного профессионального образования научно-педагогических и педагогических работников образовательных организаций в условиях их сетевого взаимодействия с предприятиями ОПК. – Монография. – М.: МГТУ «СТАНКИН», 2013. – 86 с.

ADDITIONAL PROFESSIONAL TRAINING OF UNIVERSITY TEACHING STAFF IN CONDITIONS OF THE EFFECTIVE INTERACTION WITH THE DEFENCE INDUSTRY COMPLEX ENTERPRISES

© Yu.Ya. Eleneva, V.N. Andreev
Moscow State University of Technology „STANKIN“, Moscow, Russia
e-mail: yu.eleneva@stankin.ru, andreevv85@mail.ru
© A.A. Sigankov
Moscow Technological University, Moscow, Russia
e-mail: sigankov@mirea.ru

Abstract. The problem of personnel training for the defense industry complex (DIC) enterprises has become crucial of late in Russia. The article offers the models of additional professional training of the teaching staff of tertiary education institutions under the conditions of their network interaction with DIC enterprises. Conditions of application, the key features of these models, as well as the algorithm of the forming network participants' selection are considered.

Keywords. Additional professional training, tertiary education teaching staff selected for training of specialists working for DIC enterprises, network interaction.

УДК 378.09

ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ КАДРЫ ДЛЯ ОБЩЕСТВА ЗНАНИЙ

© Л.А. Зайцева
Московский технологический университет, Москва, Россия
e-mail: lar.zaitzewa2013@yandex.ru

Аннотация. Статья посвящена проблеме подготовки кадров в обществе знаний. Актуализируется важность возрождения естественнонаучного и технического знания. Рассматривается необходимость подготовки специалистов Big Data и профессиональных кадров с креативным мышлением для решения нестандартных задач.

Ключевые слова: общество знаний, трансформирующийся мир, образование, наука, Big Data, креативное мышление.

«Общество знаний» – это самое точное слово для характеристики современности. Все переходит к новому качественному состоянию на основе знаний. Очевидно, что период перехода будет очень длительным и для различных обществ этот период займёт разное время. Если воспользоваться термином Томаса Куна, то происходит смена парадигмы. «В своём установившемся употреблении понятие парадигма означает принятую модель или образов…» [1]. Но меняется не научная парадигма, а парадигма технологического и социально-экономического устройства. Причём пока можно наметить только контуры будущего мира. Драйверами нового общества являются технологии.

Очень актуальным является вопрос о подготовке кадров в период становления нового общества. [2] Прежде всего, можно повторить общезначимые и банальные утверждения: об образовании как основном факторе социальной мобильности, о том, что образование станет непрерывным, о том, что образование - залог научного технологического развития. Все эти утверждения, как и любые банальности абсолютно верны. Но если подойти к вопросу более серьёзно, какие кадры требует общество знаний сегодня?

Как представляется, наибольшую роль должны играть кадры, связанные с прорывными научными разработками. В 60-70-х XX в. было представление, что XXI век будет веком гуманитарного знания.

Как представляется не век, а полвека гуманитарного знания с 60-х гг. XX в. по10-е гг. XXI в. наиболее развитые общества уже прожили, а сейчас необходим ренессанс естественнонаучного знания и соответствующие кадры. Следует отметить, что, т.к. российское общество представляет собой сырьевое общество и сырьевую экономику, то рынок не требует таких специалистов. Высококвалифицированные кадры покидают страну, что делает период перехода к обществу знаний для нашего общества очень долгим. [2]

Также очень важны кадры, умеющие работать с информацией. [3] Здесь следует выделить две особенности транзитного периода. Транзитный период производит гигантское количество информации. Огромное количество разно форматной информации требует подготовки специалистов, умеющих работать с Big Data. Необходимо готовить кадры, которые смогут работать с массивом разнородной информации и написать красивый алгоритм. Такие алгоритмы очень нужны для врачей, маркетологов, специалистов по рекламе и других областей. Главным в настоящее время является подготовка кадров, способных использовать и, самое главное, создавать инновационные информационные технологии [4].

Вторая особенность современного периода заключается в его неопределённости и нестабильности. Старые понятия рушатся, а новые ещё не пришли им на смену. Это требует подготовки специалистов, которые способны улавливать зарождающиеся тренды, действовать в условиях неопределённости и решать задачи, когда информации не хватает. Бесспорно – это креативные кадры, и их подготовка должна носить творческий характер. [5] Новые кадры следует обучать в постоянно меняющейся среде принятию нестандартных решений и латеральному мышлению. «Используя латеральный метод мышления, вы двигаетесь «прыжками», пробуя различные точки зрения, различные концепции и отправные точки». [6] Подготовка таких кадров требует своевременного адекватного ответа системы образования на запросы нового общества, в котором инновации играют главную роль.

Библиографический список

1. Кун Т. Структура научных революций – М.: АСТ, 2009, - 311 с.
2. Кочетков В.В., Кочеткова Л.Н. Этос креативности и статус инженера в постиндустриальном обществе: социально-философский анализ //

Вопросы философии. 2013, №7, с.3-13

3. Кочеткова Л.Н. Философия информации в информационном обществе. // Философия и культура. 2015. № 12, с. 1794 - 1800.

4. Shnyrenkov E. A., Kochetkova L.N. Socio-humanitarian aspects of the society informatization. //International Journal of Applied Engineering Research ISSN 0973-4562 Volume 10, Number 21 (2015) pp. 42125-42129 © Research India Publications. http://www.ripublication.com

5. Евреева О.А., Кочеткова Л.Н. Образование в контексте современного социального дискурса. // Социальная политика и социология, №1(114), 2016, с. 88-98

6. Де Боно Э. Гениально! Инструменты решения креативных задач – М.: Альпина паблишер, 2015, - 377 с.

PROFESSIONALS FOR THE KNOWLEDGE SOCIETY

© L. A. Zaitseva
Moscow technological University, Moscow, Russia
e-mail: lar.zaitzewa2013@yandex.ru

Abstract: the Article is devoted to the problem of training in the knowledge society. Actualizarea the importance of the revival of science and technical knowledge. Addresses the need of training of Big Data and professional personnel with creative thinking to solve unusual problems.

Key words: knowledge society, transforming the world, education, science, Big Data, creative thinking.

УДК 316

КОРПОРАТИВНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ: ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СОВРЕМЕННОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ

© Л.Д. Зобкова
ФГБОУ ВО «Московский технологический университет», Москва, Россия
e-mail: luba.zobkova@gmail.com

Аннотация. В статье рассматриваются особенности проектирования современной образовательной среды на примере создания корпоративных университетов. Показано, что основу корпоративного университета составляет взаимодействие корпоративного обучения и базового образования. Такой подход к организации современной системы образования соответствует реальным темпам развития рыночной экономики и обусловливает необходимость разработки новые методов, способов и приёмов обучения.

Ключевые слова: проектирование образовательной среды, поколения Y и Z, классический университет, корпоративное обучение, корпоративный университет.

Корпоративное обучение становится необходимым условием развития и обеспечения конкурентоспособности на рынке, так как профессиональные кадры являются основным ресурсом организации и в значительной степени определяют успех всей ее деятельности. Многие исследователи отмечают, что из-за постоянного роста конкуренции и серьезного демографического спада в Российской Федерации рост сотрудников «поколения Y и Z» увеличивается, компании сталкиваются с дефицитом высококвалифицированного персонала [1, с. 16]. Одним из возможных способов решения этой проблемы является внедрение проектного подхода в смешанном варианте корпоративного обучения и создание корпоративных университетов на основе сотрудничества бизнеса и образования [2, с. 186-189].

Университеты XXI века должны способствовать формированию адаптивной компетенции студентов при помощи развития навыков, направленных как на повышение IQ (интеллектуального коэффициента), так и на развитие EQ (эмоционального коэффициента). Особое внимание к адаптивным способностям и эмоциональному развитию студентов вызвано усилением конкуренции в мировом масштабе, увеличением умственного и психологического давления на обучающихся [3, с. 15]. Отечественные исследователи акцентируют внимание на изменении модели взаимодействия между поколениями и индивидуальным спросом на образование. Так, для поколения Y (1980–2000 гг. р.) эффективны дистанционные методики образования, постоянное самообразование, стремление к балансу между лич-

ной жизнью и карьерой. В свою очередь, будущее поколение Z (после 2000 г. р.) связано с технологиями, о которых можно только догадываться [3, с. 17]. При выборе высшего учебного заведения и профессии для будущих специалистов поколения Z детерминирующим фактором является дальнейшее практическое применение полученных за время обучения знаний. Таким образом, образование «ради корочки» перестало быть целью современных людей. Это поколение «вечных студентов»: бакалавриат сменяется магистратурой или другими форматами дополнительного образования [4].

Популярные проекты онлайн-образование становятся альтернативой вузовского образования. Один из крупных конкурентов вузовского образования является проект «Нетология-групп». Эта организация под лозунгом «Образование длиною в жизнь» предоставляет линейку онлайн-образовательных услуг пользователям от 6 лет до 25+ лет, в том числе и корпоративное обучение для персонала бизнес-организаций [5].

Увеличивается значимость корпоративного обучения, целью которого является повышение эффективности бизнес-показателей в быстро меняющейся экономике. В связи с этим обучение должно быть оперативным и ориентированным на практике под конкретную задачу. Зачастую государственные учебные заведения не всегда быстро и качественно могут предложить бизнесу подобное обучение.

Основная причина связана с тем, что вузовское образование ориентировано на программы длительной фундаментальной подготовки, т.е. на «выращивание» профессионала. Для подготовки кадров по запросам предприятий вузу необходимо модернизировать программы, нормативные документы, внедрить их в учебное расписание, подготовить и/или переподготовить преподавательский состав. В то же время должны соблюдаться регламенты и нормативные ограничения, вводимые Министерством образования и науки РФ [6].

Другой важной причиной является не подходящий кадровый (преподавательский) состав вузов, вытекающий из специфики аудитории. Технологии обучения работающих, обладающих опытом корпоративного взаимодействия людей и студентов («вчерашних школьников») имеют существенные различия. Знаний предметной области уже недостаточно, необходимы преподаватели, имеющие представление о современном состоянии и специфики отрасли, из которой пришли ученики. Поиск таких кадров затруднителен для вуза. У многих вузовских преподавателей, к сожалению, отсутствует педагогический опыт передачи компетенций, необходимых сотрудникам предприятий.

На сегодняшний день большинство российских вузов не охватывают этап подготовки кадров и не способны конкурировать на глобальном рынке в отличие от западных университетов, которые, оказывая образовательные услуги в том числе в сфере бизнес-процесса, являются еще крупными научными центрами, занимающимися исследованиями как теоретического,

так и прикладного характера [7]. Хотя, несомненно, определённую динамику в этом процессе можно проследить.

С 90-х годов XX века в России начинают распространяться корпоративные университеты. Первый подход к созданию корпоративного университета – это альянс с традиционным учебным заведением. Так, в Московском технологическом университете реализуется уникальная система обучения «вуз – базовая кафедра – базовое предприятие». Такой подход обеспечивает высокую эффективность учебного процесса и способствует быстрой адаптации выпускников к реальным условиям современного производства [8]. Второй подход – формирование корпоративного университета как самостоятельной структуры в рамках конкретной компании. Например, корпоративный университет Сбербанка позиционирует себя как инновационную образовательную среду для профессионального и личностного развития, центр создания и распространения передовых управленческих знаний, символ корпоративной культуры компании [9].

Корпоративные университеты должны играть важную роль в решении проблемы взаимодействия вузовского и корпоративного образования, принимая активное участие в разработке учебных программ, способов и методов обучения в вузах и обеспечивая тем самым «обратную связь». Их деятельность не ограничивается только повышением квалификации персонала. Университет становится важных элементов стратегического развития компании. В процессе обучения работников предприятия участвуют специалисты компании, которая является заказчиком обучения, организации, специализирующиеся на применяемых в отрасли передовые технологии и решения, а также профессиональные вузовские преподаватели. При разработке программ обучения сотрудников компании приобретают собственную образовательную базу с учетом их специфики и бизнес-процессов. В результате формируется персонал с системой практических знаний и навыков в областях, актуальных для организации; профессионалов, с энтузиазмом работающих в команде; грамотный менеджерский состав, мотивированный на успешное ведение бизнеса.

Следует предположить, что достигнуть вышеописанных результатов возможно при использовании проектного подхода к организации профессионального образования в условиях современного инновационного развития: вуз – корпорация – корпоративный университет. Речь идет о проектировании новой образовательной среды, направленного на комплексную модернизацию системы образования, включая программное проектирование образовательных процессов и образовательных технологий.

Библиографический список

1. Петряков П.А., Певзнер М.Н. Корпоративное обучение персо-

нала как стратегия развития организация // Человек и образование. – Санкт-Петербург, 2009. – № 4 (21). – С. 16-20.

2. Зинурова Р.И. Формирование сети корпоративных университетов как инструмента обеспечения инновационного развития региона // Современное российское образование: проблемы и перспективы развития / Под ред. В.В. Фурсовой, О.В. Горбачевой. – М: Директ-Медиа, 2014. – С. 171–216.

3. Большаков А.К., Кочеткова Л.Н. Инновационный университет в новой модели экономического роста // Социальная инноватика – 2015: Материалы международной научно-практической конференции, Москва, 18-19 ноября 2015 г. – М., 2015. – С. 13-17.

4. Работодатель + поколение Z = ?. URL: http://neohr.ru/avtorskie-kolonki/article_post/rabotodatel-pokoleniye-z (дата обращения: 05.05.2017).

5. «Нетология-групп»: стратегия 2020. URL: https://netology-group.ru/strategy (дата обращения: 05.05.2017).

6. Рыбкина Н. Как наладить взаимодействие вузовского и корпоративного образования // Образовательные технологии. – 2015. – № 4. – С. 5-11. URL: http://iedtech.ru/files/journal/2015/4/4_2015_5-11.pdf (дата обращения: 05.05.2017).

7. Роль университетского образовательного кластера в подготовке профессиональных кадров. URL: http://elib.osu.ru/bitstream/123456789/1608/1/620-623.pdf (дата обращения: 05.05.2017).

8. Официальный сайт Московского технологического университета. URL: https://www.mirea.ru/about/mirea-today/?sphrase_id=259231 (дата обращения: 05.05.2017).

9. Сбербанк. Корпоративный университет. URL: http://sberbank-university.ru/ru/ (дата обращения: 05.05.2017).

CORPORATE UNIVERSITY: FEATURES DESIGNING THE CONTEMPORARY EDUCATIONAL ENVIRONMENTS

© L.D. Zobkova
Moscow Technological University, Moscow, Russia
e-mail: luba.zobkova@gmail.com

Abstract. The article deals with design features of the modern educational environment on the example of the creation of corporate universities. It is shown that the basis of corporate University is the interaction between corporate and basic education. This approach to the organization of modern system of education corresponds to the actual pace of development of market economy and requires the development of new methods, techniques and teaching methods.

Keywords: engineering of the educational environment, generation Y and Z, classical university, corporate training, corporate university.

УДК 37.01

ЧЕТВЕРТАЯ ПРОМЫШЛЕННАЯ РЕВОЛЮЦИЯ: СОЦИАЛЬНЫЕ ТРАНСФОРМАЦИИ И НОВЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ЧЕЛОВЕКУ

© Л.Н. Кочеткова
Московский технологический университет, Москва, Россия
e-mail: kochetkova@mirea.ru
© М.А. Козлова
Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ, Москва, Россия

Аннотация. В статье рассматриваются признаки, критерии и основные направления, так называемой, Четвертой промышленной революции, которая характеризуется слиянием производства с информационными технологиями. Показаны и обоснованы новые тренды в сфере экономики и образования.

Ключевые слова. Четвертая промышленная революция, информационные технологии, интернетизация, интернет вещей, стартап.

Мир вступил в период объединения производства и информационных технологий, или в период так называемой Четвертой промышленной революции. Она характеризуется, прежде всего, появлением новых для человека, пока еще не осознанных им в должной мере, явлений, связанных с термином «Индустрия 4.0»: Термин «Индустрия 4.0.» появился в 2011 году и пришел на смену Третьей промышленной революции, обусловленной развитием компьютеризации во второй половине XX века. Четвертая промышленная революция характеризуется уже объединением производства и информационных технологий.

Разработка модели по ускоренной интернетизации промышленного производства нашла, например, отражение в стратегии «Платформа Индустрии 4.0.» и Государственной программе «Промышленность 4.0.» в Германии. К 2030 году Германия планирует полностью перейти на систему интернетизированного производства. Помимо Германии, программы «Индустрии 4.0.» также запущены в Нидерландах, Франции, Великобритании. США, например, ИТ-компании, госведомства, университеты и лаборатории создали «Коалицию лидеров умного производства» с целью создать умную платформу для промышленных ИТ-приложений. В 2014 году компании General Electric, Cisco, IBM, Intel создали консорциум промышленного интернета (Industrial Internet Consortium), объединяющий 170 органи-

заций и имеющий целью устранить барьеры между различными технологиями для обеспечения максимального доступа к большим данным и интеграции физической и цифровой среды.

Четвертая промышленная революция началась и в России. В 2015 г. «Российские космические системы» и «Ростелеком» создали Ассоциацию содействия развития промышленного интернета, которая предполагает объединение усилий научно-исследовательских организаций и крупнейших компаний. Основными компонентами «Индустрии 4.0» являются: умные сенсоры, которые позволяют собирать данные прямо во время процесса производства; подключение к интернету, которое позволяет передавать большие объемы данных людям, другим машинам и заводам; облачные сервисы, которые предоставляют данные из любого места; анализ больших данных, который позволяет совместно обрабатывать большие объемы различных данных.

Одним из важнейших элементов Четвертой промышленной революции является так называемый «Интернет вещей». Концепция Интернета вещей была сформулирована еще в 1999 году, но настоящее развитие получила в 2008-2009 гг., когда количество подключенных к интернету устройств превысило численность населения Земли. Интернет вещей - это концепция подключения бытовых предметов (автомобили, бытовая техника и т.д.) к интернету, благодаря чему они могут взаимодействовать друг с другом или с внешней средой, собирать полезные данные и на их основе самостоятельно совершать действия и операции без участия человека (например, имплантаты для мониторинга сердцебиения).

Польза и риски «Индустрии 4.0» и Интернета вещей

С философской точки зрения, эти технологии являются, прежде всего, новым подходом к производству и потреблению. Они строятся на сборе больших данных, их обработке и использовании для совершения действий независимо от человека, когда машины могут самостоятельно оптимизировать и настраивать собственную работу. Например, сервис Granular помогает фермерам рационально планировать бюджет, управлять командой, анализировать процессы и улучшать их; приложение Lex позволяет за несколько минут определить, есть ли у человека дислексия. Термостат Nest собирает данные о том, как жильцы обогревают помещение, и затем начинает самостоятельно управлять энергосбережением в доме; фитнес-браслеты и фитнес-одежда измеряют сердечный ритм, мышечную актив-

ность и дыхание в реальном времени.

Индустрия 4.0. и Интернет вещей могут сливаться. Так, телефон, который самостоятельно мониторит свою работу, будет в состоянии определить, что вскоре он сломается, о чём заблаговременно сообщает на завод, а завод уже до момента выхода из строя этого телефона изготовит пользователю новое устройство со всеми прежними настройками и данными. В мире Четвертой промышленной революции появляются принципиально новые явления. Среди них: виртуальная и дополненная реальность: возможность конструирования виртуальных объектов, когда часть человеческих действий может быть перенесена на цифровой уровень. Виртуальным объектам, по своей природе исключительно цифровым, может быть свободно добавлено любое свойство, записанное цифровым же образом. Например, к виртуальным деньгам может быть добавлена история их использования, что исключит возможность «отмывания» денег.

Дополненная реальность может быть также индивидуализирована под конкретный субъект восприятия. 3D-печать, которая создаст универсальные цифровые методы для получения самых разнообразных физических объектов и позволит отказаться от прежнего множества разнородных подходов; системы квантовых вычислений, принципиальным отличием которых является наличие у них двух взаимоисключающих и однозначно различимых состояний, а также возможность эти состояния менять или сохранять под контролем, что делает принципиально иной саму природу информации, и вместе с этим качественно меняет облик самих информационных технологий.

Перспективы и последствия Четвертой промышленной революции для экономики трудно преувеличить. «Индустрия 4.0.» радикально изменит качество принимаемых решений и сами производственные процессы, особенно рутинные. Как в своё время, человек значительно освободился от тяжёлого физического труда, а затем и от некоторой монотонной работы, от Четвертой промышленной революции ждут, что она освободит человека от решения множества типовых задач. В результате этого должна повысится возможность для высокоинтеллектуальной и творческой работы, которая станет более востребованной, ценной и значимой. Таким образом будет преодолена рутина в банковских, юридических услугах, в страховании, здравоохранении, логистике и т.д. И параллельно с этим, понизится роль классических преимуществ, основанных на разнообразном посредничестве в пользу потребительских качеств товара и технологической ренты. Появится воз-

можность более рационального использования ресурсов, в том числе и природных. В целом, экономика станет более прозрачной, предсказуемой, а её развитие более быстрым и системным.

Новые технологии и изменение рынка труда

Развитие Индустрии 4.0. и Интернета вещей приведет к еще большему снижению количества человеческого труда в производстве. Так, по прогнозам Министерства труда США, в 2050 году 47% рабочих мест будут автоматизированы. Уже сейчас каждая новая волна инноваций заметно меняет экономику: появляются новые, часто немыслимые прежде, модели производства. Самый новый и бурно развивающийся тренд - стартапы («стартующие» - новые бизнесы, преимущественно инновационного характера). За последние пять лет в мире создавалось около 36 миллионов таких предприятий ежегодно. Основная их часть скопировала опыт стартапов Силиконовой долины, ставших теперь крупнейшими компаниями мира (Apple, Google, Microsoft, Facebook, Amazon). У этой громадной волны новых стартапов есть две общие черты: они, как правило, имеют своей основой технологическую цифровую новацию и большинство этих компаний действует в так называемой сфере B2C (Business-to-Consumer). То есть речь идет главным образом о внедрении «цифровой составляющей» в маркетинг (торговлю), в новые виды услуг по поиску работы, по изучению иностранных языков онлайн и т.п., а не о кардинальных изменениях в технологиях производства. Эксперты полагают, что из этого огромного числа стартапов выживут только те, которые будут основаны исключительно на цифровых моделях, причем или совершенно новых, или значительно улучшенных: они смогут привлечь большую аудиторию пользователей и монетизировать свой продукт.

Самыми быстро развивающимися секторами бизнеса признаются fintech, печать 3D и видеоигры. Они не являются простой данью моде, это тренды развития на далекое будущее.

FINTECH. Этот стартап преобразовал финансовые операции в цифровые. В 2016 году глобальные инвестиции в этот финансовый сектор составили более 22 млрд долларов. Вместе с тем, похоже, что создается новый пузырь, и возможно, через несколько лет останутся 10-15 компаний не всеобщего характера, а специализирующихся на конкретном технологическом продукте. Такие же стартапы возникли в страховании. Они объединяют банк данных по страховым полисам и, оперируя ими, получают значительную прибыль. Согласно докладу Panorama Insutech, в 2015 году сектор получил более 3 млрд долларов инвестиций.

Видеоигры уже делают сборы больше, чем кино- и музыкальная индустрии. Например, испанский инкубатор видеоигр Demium Games создал приложение «eSports» которое, по методам big data, сделало десятки игр с виртуальным участием лучших футболистов мира; посмотреть эти игры и сделать ставки собираются тысячи зрителей. В здравоохранении стартапы получили название «biotech». Они появляются главным образом в фармацевтических фирмах. Актуальные проблемы здравоохранения (проблемы старения, хронические заболевания, улучшение диагностики) делают возможности для стартапов практически безграничными.

3D печать в скором времени станет способом производства огромного числа товаров (от запчастей автомобиля до органов человеческого тела). Это делает эту сферу полигоном для сотен, а возможно, и тысяч стартапов.

Технологические революции качественно изменяют требования к образованию. Одним из подобных требований является способность быстро переобучаться и менять вид деятельности. Специалисты по управлению персоналом уверены, что с каждым годом профиль работы будет меняться все чаще, а те, кому сейчас, 10 лет, поменяют свой рабочий профиль около 8 раз. Через десять лет главным условием при найме на работу станет способность кандидата к смене деятельности. Специалисты HR называют такую способность к перепрофилированию, адаптации к любому изменению внешней среды термином «швейцарский нож» (несессер). Особенно часто смена деятельности (равно как и появление новых профессий) будет происходить на стыке дисциплин / технологий. По прогнозам, работающим в сфере IT придется перестраиваться каждые 3-5 лет.

На сегодняшний день наиболее востребованными в крупных компаниях являются так называемые профили **STEM** (англ. аббревиатура направлений: Наука, Технология, Инженерия и Математика: Science, Technology, Engineering, Mathematic). В прогнозируемом будущем именно эти специальности будут задавать ход цифровой и технологической революции. По данным Национального института статистики Испании 84% работников, если бы имели возможность вернуться в вуз, поменяли бы имеющуюся профессию на связанную с STEM.

Самым востребованным профессиональным знанием, без сомнения, станет знание **компьютерных технологий**. Уже в ближайшем будущем компьютерные технологии станут знанием столь же обязательным и общим для всех, каким сейчас является знание английского языка. По данным Евростата, в 2020 году Евросоюзу понадобятся 900 000 специалистов IT-технологий, технологий Apps. В 2015 году цифровые технологии STEAM изучали только 17% выпускников Европы (при том, что в Южной Корее - 29%, а в Китае – 31%). Показательным трендом является пример Великобритании, где знакомство ребенка с программированием начинает-

ся в 5 лет, а с 11 лет школьники изучают, по меньшей мере, два языка программирования. Задача школы не в том, чтобы ученики стали профессионалами в IT-технологиях, а чтобы были готовы «выживать» в эпоху цифровых революций. Кроме того, в процессе освоения технологий развивается креативность, логическое мышление, умение работать в команде и другие навыки, которые всегда будут востребованы в работе.

Библиографический список

1. Кочеткова Л.Н. Креативность как новый ресурс экономического и общественного развития // Философия и методология инновационного развития. Материалы научного семинара. 22 марта 2017 г. / под ред. Кочетковой Л.Н., Матрониной Л.Ф. – М.: Московский технологический университет (МИРЭА), 2017, с. 7 – 10.

2. Кравец А.Г., Аль-Шаеби Р.А. Автоматизированное управление процессом формирования индивидуализированных траекторий подготовки студента вуза // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 2.

3. Русановский В.А., Никитов А.В. Факторы и противоречия развития образовательного потенциала России в условиях глобализации // Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета. 2012. №5 (44).

4. Флорида Р. Креативный класс. Люди, которые создают будущее. М.: М. Классика-XXI, 2011. – 430 с.

FOURTH INDUSTRIAL REVOLUTION: SOCIAL TRANSFORMATIONS AND NEW HUMAN REQUIREMENTS

© L.N Kochetkova
Moscow Technological University, Moscow, Russia
E-mail: kochetkova@mirea.ru
© M.A. Kozlova
Russian Academy of National Economy and Public Administration under the President of the Russian Federation, Moscow, Russia

Annotation. The article examines the signs, criteria and main directions of the so-called Fourth Industrial Revolution, which is characterized by the merger of production with information technology. New trends in the sphere of economy and education are shown and justified.

Keywords. The fourth industrial revolution, information technology, Internetization, Internet of things, start-up.

УДК 621.396.2

ИНСТУМЕНТ КРЕАТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ОБУЧЕНИЯ – ФОРМА И РЕЗУЛЬТАТИВНОСТЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

Л.Я. Маслина
Московский технологический университет, Москва, Россия
e-mail: mihajlov@mirea.ru

Аннотация. Рассмотрена актуальность организации учебного процесса формирования творческой личности. Отмечена актуальность перехода от стандартного способа передачи готовых знаний обучаемому к развитию его способностей. Изложен подход к реализации в учебном процессе креативной технологии обучения (КТО) на базе разработки дидактического материала в форме невербального логически структурированного учебного пособия (НЛСУП), используемого в качестве инструмента КТО. Приведены результаты органиции КТО в учебном процессе.

Ключевые слова. Образование, *к*реативность, творчество, учебный процесс.

В условиях непрерывно возрастающего уровня развития цивилизации в современном обществе актуально формирование творческой личности, способной не только адаптироваться к существующим условиям, но и творчески способствовать дальнейшему прогрессу. Важнейшим звеном в формировании творческой личности было и остается организация учебного процесса на всех этапах развития личности.

Вопрос организации учебного процесса стал актуальными с давних времен, когда первые необходимость классно-урочной системы образования обосновал Каменский Ян (1492-1570гг). Им также был разработан подход к организации учебного процесса, суть которого состоит в следующем. Преподавателю стоит начинать с общего ознакомления с целостностью предмета изучения, а затем переходить к изучению его отдельных сторон. В учебном процессе необходимо обеспечить наглядность обучения (учебники Каменского содержали 150 рисунков).

Современная организация учебного процесса по формированию креативной творческой личности в современном обществе крайне востребована. Существующая сегодня форма обучения в виде лекций (lectio- чтение) не обеспечивает полной востребованности общества в творчески мысля-

щих личностях. В учебном процессе у студента практически отсутствует возможность осмыслить читаемый преподавателем материал, поскольку он занят конспектированием. Преподаватель не контролирует восприятие и усвоение учебного материала, он занят лишь чтением лекции. Следовательно, результативность обучения на лекциях очень низкая. Особенно, если лекции читаются под диктовку.

Формирование личности отвечающей условиям нового времени делают актуальными вопросы, непосредственно связанные с качественным изменением методов и приемов обучения, как в школе, так и в вузе. Устаревшая технология обучения, используемая современной системой образования, сдерживает его развитие.

Функциональным приоритетом образования сегодня становится переход от стандартного способа передачи готовых знаний обучаемому к развитию его способностей. Нужна новая образовательная среда, новые технологии обучения, предусматривающие эффективное участие аудитории в усвоении учебного материала.

Главной задачей системы образования сегодня должно быть развитие творческих качеств личности, способности воспринимать и перерабатывать новые научные идеи, анализировать и применять их в условиях профессиональной деятельности. Деятельность должна носить творческий характер.

Сегодня творческое мышление привлекает к себе гораздо большее внимания, чем раньше. Проблема развития творческих способностей студентов, подготовки их к активной деятельности для решения профессиональных задач становится сегодня актуальной задачей.

Основой повышения эффективности образования является оптимизация содержания и формы ученого процесса. Внедрение новых технологий обучения, основанных на активных формах приобретения знаний, обеспечивающих формирование творческой личности.

Решение задачи повышения эффективности образовательного процесса возможно с реализациией креативной технологии обучения (КТО). Данная технология обучения, как и любая технология формирования продукта с заданными параметрами, требует наличия соответствующего инструмента.

В качестве инструмента формирования творческой личности в учебном процессе разработано учебное пособие в виде невербального логически структурированного учебного пособия (НЛСУП) по учебной дисциплине «Радиотехнические системы» [1, 3].

Разработка НЛСУП первоначально реализуется каждым преподава-

телем учебной дисциплины и совместной работой коллектива преподавателей и представителй заказчика. Коллективная работа обеспечивает оптимизацию содержания пособия и его корректировку. Разработанное учебное пособие имеется у каждого учащегося, что позволяет реализовать индивидуальный подход при групповой форме обучения. В этом случае обеспечивается зрительное восприятие последовательности отображения изучаемого раздела учебной дисциплины.

На аудиторных занятиях учащийся освобождается от рутинной работы перерисовки иллюстраций и конспектирования, а необходимые ремарки по собственному усмотрению вносит в дидактический материал.

Зрительное восприятие изучаемого раздела включает мыслительный процесс познания (этот подход к познанию очень ярко отображается в работах Бидструпа [2]). Активно участвующие в учебном процессе студенты становятся лидерами и увлекают в той или иной степени в процесс познания и других.

Педагог получает возможность ориентировать внимание студентов на проблемную и методологическую сторону содержания учебного предмета. Акцент переносится с информационного подхода на методологический, что является основным условием развития творческого мышления и последующей творческой деятельности обучаемых. [4]

Организация управляемого преподавателем общения студентов в процессе изучения соответствующих разделов НЛСУП обеспечивает создание в аудитории эмоционального климата, способствующего повышению результативности учебного процесса, что в итоге позволяет реализовать индивидуальный подход.

Освоение студентами логической структуры предмета и необходимого объёма информации об основных разделах курса создаёт предпосылки для организации их самостоятельной работы на качественно новом уровне.

Реализация КТО с использованием инструмента в форме НЛСУП призвана обеспечить формирование в учебном процессе креативного специалиста. [5]

Наличие НЛСУП и по другим дисциплинам специальности послужит основой анализиа и выстраивания межпредметных связей. Наряду с этим, предложенная оптимизация содержания и формы учебного процесса способствует актуальной координации и интеграции изучаемых предметов, а также открывает путь к саморганизации системы образования.

Библиографический список

1. Маслина Л.Я. Основы теории радиотезнических систем. М.: МИРЭА, 1993г. – 77стр.
2. Косова М. Херлуф Бидструп. Жизнь и творчество. М., 1988.
3. Маслина Л.Я., Балагур А.А., Волков С.И. Радиотехнические системы. Учебное пособие / ГОУ ВПО «Московский государственный институт радиотехники, электроники и автоматики (технический университет)» – М., 2010, – 80 с.
4. Маслина Л.Я. Реализация креативной технологии обучения с опорой на невербальное логически структурированное учебное пособие. Тезисы доклада на IV Международной научно-практической конференции «Информационная среда XXI века». 20-24 сентября 2010 г., г. Петрозаводск, 2010.
5. Маслина Л.Я., Кочеткова Л.Н. Невербальное логически структурированное учебное пособие как инновационная технология и инструмент формирования креативной личности в информационном обществе // Инновационные, информационные и коммуникационные технологии. Сборник трудов XIII Международной научно-практической конференции. /под ред. С.У. Увайсова. – М.: Ассоциация выпускников и сотрудников ВВИА им. проф. Жуковского, с. 85-87.

THE INSTRUMENT OF CREATIVE TECHNOLOGY OF TRAINING -FORM AND RESULTS OF FUNCTIONING IN THE TRAINING PROCESS

L.Ya. Maslina
Moscow Technological University, Moscow, Russia
E-mail: mihajlov@mirea.ru

Annotation. Considered the relevance of the educational process of the formation of a creative personality. Noted the relevance of the transition from the standard way to transfer knowledge to the development of the student finished his abilities. Describe the approach for implementation in the educational process of creative learning technologies (CLT) based on the development of didactic material in the form of non-verbal logically structured training manual (NVLSTM), which is used as a tool for CLT. Are the results of the organicii CLT are in the learning process.

Keywords. Education, creativity, creativity, educational process.

УДК 377

ПРОЕКТНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

© Л.Ф. Матронина
ФГБОУ ВО «Московский технологический университет»,
Москва, Россия
e-mail: matronina@mirea.ru

Аннотация. Динамика инженерной деятельности в современную эпоху обусловливает необходимость формирования новой образовательной среды, направленной на подготовку инженерных кадров. В статье раскрывается место и роль проектно-образовательных технологий в повышении качества современного инженерного образования. Особое внимание уделяется анализу подхода CDIO.

Ключевые слова: инженерная деятельность, инженерное образование, качество образования, проектно-образовательные технологии, подход CDIO.

Бурное развитие науки и техники в XX – начале XXI веков оказало заметное влияние на инженерную деятельность: она становится все более многообразной и приобретает комплексный характер. Современная инженерная деятельность направлена не только на разработку машин, технических устройств и систем, но и на проектирование человеческой деятельности, включая промышленное производство и различные сферы социальной практики, такие как обслуживание, управление, обучение и др. [1, с. 427]. Широкое распространение получает системотехническое, а затем и социотехническое проектирование. Происходящая ныне «экспансия проектирования» (В.М. Розин) заключается в том, что оно распространяется на такие виды деятельности как градостроительство, дизайн, управление, экономическое планирование, образование и т.д. Наряду с инженерами-изобретателями, инженерами-конструкторами, инженерами-системотехниками в обществе становятся востребованными инженеры-исследователи, занимающиеся научной разработкой сложных информационно-технических систем; инженеры-программисты, специалисты в области вычислительной техники, программного обеспечения, автоматизации производственных и других процессов; инженеры-менеджеры, деятельность которых направлена технологическое обеспечение управленческих процессов и организационных структур, и т.д. «Сращивание» науки и бизнеса, формирование технонауки ведет к появлению новых инженерных профессий. Так, американский ученый Н. Талеб, изучающий влияние случайных и непредсказуемых событий на мировую

экономику и биржевую торговлю, заявляет о необходимости «финансовой инженерии», значимую роль в которой отводится «квант-инженерам»: «Квант-инженер – это учёный-технолог, применяющий математические модели неопределённости к финансовым (или социально-экономическим) данным и сложным финансовым инструментам» [2, с. 43].

Изменение характера деятельности стимулирует потребность формирования навыков перестройки профессиональной и личностной модели инженера, нового стиля инженерного мышления, основными чертами которого становятся: рациональность, критичность, самостоятельность, креативность, мобильность, коммуникативность, способность к инновациям, понимание ответственности перед обществом. Современный инженер должен обладать не только глубокими профессиональными знаниями и навыками, уметь применять их в своей технико-технологической деятельности, но и понимать ее социокультурный, аксиологический контекст [3]. В связи с этим актуализируется необходимость модернизации инженерного образования, повышения его качества.

Согласно Федеральному Закону «Об образовании в Российской Федерации» (Статья 2), «…качество образования – комплексная характеристика образовательной деятельности и подготовки обучающегося, выражающая степень их соответствия федеральным государственным образовательным стандартам, образовательным стандартам, федеральным государственным требованиям и (или) потребностям физического или юридического лица, в интересах которого осуществляется образовательная деятельность, в том числе степень достижения планируемых результатов образовательной программы» [4, с. 9]. Исходя из данного законодательного акта, правомерно утверждать, что качество инженерного образования определятся его комплексностью, соответствием федеральным и образовательным требованиям/стандартам и потребностям субъекта, в интересах которого осуществляется образовательная деятельность и подготовка инженера.

На рубеже XX-XXI вв. было положено начало международному проекту по реформированию инженерного образования – подходу CDIO (Conceive – Design – Implement – Operate) как новой модели практически ориентированного обучения. Разработчики полагают, что этот подход позволяет решить основную проблему: недостаточность практического опыта, инновационного потенциала у современных инженеров – выпускников высших учебных заведений [5, с. 25].

Модель CDIO, в целом, отвечает требованиям повышения качества инженерного образования.

Во-первых, она направлена на комплексное реформирование системы инженерного образования. Согласно данному подходу, обучение студентов и освоение инженерных знаний (уровень бакалавриата) осуществляется в кон-

тексте планирования, проектирования, производства и применения реальных систем, процессов и объектов с целью: 1) уметь применять базовые инженерные знания в практической деятельности; 2) руководить процессом создания и эксплуатации технических объектов, процессов и систем; 3) понимать важность и последствия воздействия научного и технического прогресса на общество [5, с. 476]. Речь идет о создании новой образовательной среды (социокультурного пространства), в рамках которой происходит обучение, практика и освоение технических знаний и прочих навыков.

Во-вторых, основу модели составляют стандарты CDIO – набор общих принципов создания учебных программ, их материально технического обеспечения, подбора и обучения преподавателей, в которых определены требования, выступающие руководством для реформирования и оценки образовательных программ [6]. В стандартах определены ключевые термины и принципы, дано логическое обоснование необходимости реализации подхода CDIO, и, что немаловажно, приводится шкала критериев, позволяющих оценить уровень (произвести самооценку) выполнения требований стандарта.

Стандарты CDIO реализуются в проектно-организационной деятельность как части организационной культуры по подготовке инженерных кадров, в процессе которой осуществляется проектирование интегрированного учебного плана: разработка новой образовательной программы (или модернизация существующей), ее содержания, требований к программе, результатов обучения и т.д. Далее образовательная программа воплощается в интегрированном обучении, направленном не только углублённое усвоение технических знаний, но и формирование профессиональных навыков, личностных качеств.

В-третьих, эффективность функционирования системы инженерного образования во многом определяется тем, насколько «встроены» в нее механизмы выявления потребительских интересов и ожиданий. Качество инженерного образования обусловлено степенью подготовки выпускников к успешной профессиональной деятельности, включающей планирование, проектирование, производство и применение объектов, процессов, систем и управления проектами. Инженер должен владеть проектным мышлением: работать со схемами, идеальными моделями (разработка плана, выбор оптимального решения, согласование и т.д.) [7]. На развитие проектного мышления в модели CDIO направлена проектно-внедренческая деятельность как учебно-практическая деятельность, в которой студенты проектируют, производят, тестируют и применяют реальные объекты, процессы и системы или их модели [5, с. 252]. Проектно-ориентированное обучение способствует усвоению знаний, показывает тесную связь теории с практикой и развивает креативный потенциал студентов.

Заметим, что сегодня проектно-ориентированное обучение или «обу-

чение проектированием» получило достаточно широкое распространение в образовательной практике. Хотя, как известно, становление проектного подхода к обучению произошло еще на рубеже XIX-XX вв. Рассматривая природу воспитания и обучения, Дж. Дьюи [8], один из основоположников данного подхода, полагал, что основу «обучения посредством деятельности» составляют активные методы работы (прежде всего проектный метод). Знание должно быть обретено в опыте. Следовательно, в учебно-образовательную деятельность необходимо внедрять такие формы и методы, которые направлены на развитие «способности свободно и полно участвовать в общей деятельности» [8, с. 119], в которых «…мышление поощряется, стимулируется и проверяется» [8, с. 146].

Модель CDIO направлена на формирование новой образовательной среды подготовки инженерных кадров, способствующей приобретению необходимых профессиональных знаний и умений и личностных качеств. Ее отличает усиление практической направленности обучения, введение системы проблемного и проектного обучения. Разработчики справедливо акцентируют внимание на тот факт, что инженерное образование не должно быть ограничено сугубо естественно-научной и технической подготовкой кадров; признают необходимость социального и гуманитарного знания, направленного на понимание процессов развития общества, последствий воздействия научно-технического прогресса на общества, развитие коммуникативных навыков [5, с. 29]. Однако эти положения остаются на уровне констатации. Данный подход строится по принципу инженерного (технологического) проектирования, и это не отрицается ее создателями, которые подчеркивают, что «подход CDIO разрабатывался как технологический процесс» [4, с. 33].

Широко известна мысль П. Флоренского о том, что культура есть среда, растящая и питающая личность. Думается, что это выражение вполне можно отнести к образованию, но только в том случае, если его не рассматривать как услугу (что тоже нашло отражение в представленной выше модели). В связи с этим большое значение приобретает не только профессиональная подготовка (специализация), но и социализация выпускников (в том числе инженеров), понимание ими общественного (социального) и гуманитарного смысла той деятельности, к которой их готовит высшая школа. В условиях становления общества знаний формируется новая модель этоса профессионала: на смену усвоения и воспроизведения устоявшихся форм профессионального поведения приходит владение методологией поиска нового, критическое мышление, креативность, способность уметь давать независимую оценку и принимать ответственные решения [8]. Поэтому проектно-образовательные технологии, представленные в модели CDIO, являются необходимым, но не достаточным основанием повышения качества инженерного образования и формирования инженерных кадров.

Библиографический список

1. Современные философские проблемы естественных, технических и социально-гуманитарных наук: учебник для аспирантов и соискателей / под общей ред. В.В. Миронова. – М.: Гардарики, 2006. – 639 с.
2. Талеб Н. Черный лебедь. Под знаком непредсказуемости. – М.: КоЛибри, 2009. – 528 с.
3. Матронина Л.Ф., Агафонов А.Н. Социоинженерная деятельность в информационную эпоху // Российский технологический журнал. Электронное сетевое издание. – 2016. – Том 4. – №3(12). – С. 53-59.
4. Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» (от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ). – 404 с. URL: http://минобрнауки.рф/документы/2974 (дата обращения: 21.05.2017).
5. Переосмысление инженерного образования. Подход CDIO / Э.Ф. Кроули, Э. Малмквист и др. – М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2015. – 504 с. (Библиотека журнала «Вопросы образования»).
6. CDIO – современный подход к инженерному образованию. URL: http://cdiorussia.ru/ (дата обращения: 21.05.2017).
7. Розин В.М. Эволюция инженерной и проектной деятельности и мысли. Инженерия: становление, развитие, типология. – М.: ЛЕНАЕД, 2014. – 200 с.
8. Дьюи Дж. Демократия и образование / пер. с англ. – М.: Педагогик-Пресс, 2000. – 384 с.
9. Матронина Л.Ф. Качество образования как условие формирования креативного этоса профессионала // Вестник Московского городского педагогического университета. Серия: Философские науки. – 2016. – №2(18). –С. 26-33.

DESIGN-EDUCATIONAL TECHNOLOGIES AS A FACTOR OF INCREASING THE QUALITY OF ENGINEERING EDUCATION

© L. F. Matronina
Moscow Technological University, Moscow, Russia
e-mail: matronina@mirea.ru

Abstract. The dynamics of engineering activity in the modern era necessitates the formation of a new educational environment aimed at training engineering personnel. The article reveals the place and role of design and educational technologies in improving the quality of modern engineering education. Particular attention is paid to the analysis of the CDIO approach.

Keywords: engineering activity, engineering education, quality of education, design and educational technologies, CDIO approach.

УДК 004.85, 004.738.5

ОСОБЕННОСТИ ВАРИАТИВНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ МОБИЛИТИ В ИНТЕНСИВНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ МАКРОМЕДИА СРЕДАХ

В.Т. Матчин
Московский технологический университет, Москва, Россия
matchin@mirea.ru

Аннотация. Ограниченные возможности по производительности мобильной информационной техники в сочетании с бурно возрастающей интенсификацией нагрузочных характеристик макромедиа накладывают специфические особенности на качество, всесторонность и глубину тестирования использованного программного обеспечения. На основании проведённого анализа предлагаются обновляющие рекомендации.

Ключевые слова: интенсивная макромедиа среда, мобилити, вариативное тестирование, внутрисистемная интероперабельность.

Персональная мобильная компьютерная техника стала массовой и таковой останется в весьма обозримом будущем. Именно эта компьютерная техника самым распространённым образом используется многочисленными пользователями мобилити в целях дополнительного развивающего обучения и самообучения. Используется как бы попутно, параллельно с основным базовым учебным процессом в стационарных условиях в учебном заведении, на службе, дома. Мобилити же для некоей порции дополнительного развивающего, отчасти спонтанного, образования чаще применяют в свободное время, в паузах от основных занятий, в пути, на отдыхе и т.д. Причём извлекаемые в этих ситуациях знания также спонтанны, фрагментарны, далеко не всегда достоверны. Всё это требует системного подхода как к вопросам методологии такого, в общем то, целесообразного способа обретения новых знаний, так и в части экспертиз и улучшения на когнитивной основе знаниевой среды, привлекаемой инструментами задания релевантности, а ещё правильнее, пертинентности, к разрешению задач Интернет обучения и самообучения с помощью технических и программных средств мобилити [1].

Неявная кроссплатформенность на сегодня одна из сложившихся особенностей, а, может быть, и недостаток современных массовых носимых устройств мобилити. Поэтому всякий раз возникает потребность выбора той или иной платформы и, соответственно, той или иной разновидности персонального носимого компьютера в зависимости от возлагаемого на это изделие функций.

Здесь же обсуждается русло служебного – учебного ультралёгкого очень недорогого мультимедиа Интернет планшета - блокнота, конечно же с абсолютно полноценными комфортными клавиатурой и тачпадом, без каких либо затруднений работающего с современными офисными и сетевыми приложениями и мультимедиа (ММ) продуктами на весьма высоком уровне – как на собственных средствах воспроизведения и редактирования ММ, так и с выносом через HDMI интерфейсы аудио, видео информации и графики высокого разрешения на внешние высококачественные экранные устройства и аудио системы.

Вот какие непростые требования предъявляются к простеньким маленьким совсем недорогим компьютерным блокнотикам с их ограниченными технологическими мощностными возможностями. Проще говоря, речь идёт об устойчивом, качественном функционировании простейших мобилити в среде макромедиа, то есть в существенно интенсифицированной мультимедиа среде с преобладанием качественного потокового видео и сложной интеллектуализированной графики, да ещё в условиях одновременного использования в многозадачных нагрузках чрезвычайно широкого спектра предустановленных и дополнительно валом прибавляемых прикладных программ, кодеков, настроек и т.п. К тому же для эффективного использования такого носимого блокнотика в служебных и, тем более, в учебных целях, он должен легко и уверено работать в традиционных офисных приложениях, следовательно, имея «на борту» обычную механическую удобную клавиатуру, достойный тачпад, наличие обычных интерфейсов USB 3.0 для подключения внешних носителей и мышки и т.д.

Это всё и есть макромедиа. Точнее, требования к исполнительному устройству, обслуживающему макромедиа.

На сегодня, пожалуй, самым компромиссным и многообещающим в этом плане видится решение, связанное с применением мобильных усечённых под мобилити версий традиционных ОС Wintel, например, Windows 10 mob.

Под эту версию уже серийно выпускаются совсем недорогие ком-

пактные блокнотного типа клавиатурные Интернет планшеты (например, новой линейки Irbis), удобные как для работы в офисных приложениях, в Интернет серфинге, так и в качественном обслуживании весьма интенсивных мультимедиа потоков, то есть пригодные для работы в интенсивных макромедиа средах.

Недорогой планшет – компьютер даже в многоядерном исполнении с приличным быстродействием процессора располагает весьма ограниченным пространством ОЗУ, равно как и суммарной памятью, залаженной в устройство. Если всего этого вполне достаточно для применения таких операционных систем как Android, то для Windows 10 и ему подобных ОС такой памяти маловато. Использование усечённых специально под мобилити Wintel отчасти снимает эту проблему за счёт уменьшения нагрузочного и пространственного веса самой ОС, но только отчасти.

В качестве измеримой комплексной оценочной величины приведённой эффективности тех или иных технических решений коллективом исполнителей принято использование исчисляемой на основе априорной эргодичности значение внутриситемной интероперабельности в пределах заданной континуальности границ гарантируемых и/или предсказуемых значений нагрузочных характеристик и сохранения изначальной меры системности.

Известно, что интероперабельность — это способность продукта или системы, интерфейсы которых полностью открыты, взаимодействовать и функционировать с другими продуктами или системами без каких-либо ограничений доступа и реализации. Именно в такой транскрипции это понятие заложено в настоящий проект, но с соответствующими уточнениями, вытекающими из особенностей работы с мобилити в среде ММ [2].

В качестве стандарта выполняемого проекта принимается генеральное положение, согласно которому внутрисистемная интероперабельность (англ: interoperability) отражает способность введённых в функциональное поле мобилити двух или заведомо большего числа подсистем, блоков ПО, сопутствующих кодеков и т.п. сохранить прежнюю изначальную способность к обмену, использованию, воспроизведению и обработке интенсивной ММ и текстуальной (в офисных приложениях) информации без снижения коэффициента эмерджентности за пределы разброса значений, соответствующих статистической погрешности, то есть за предел – 15%. Причём всё это в пределах заданной

континуальности. Из всех многочисленных свойств и признаков этого многоёмкого понятия в проекте рассматриваются в совокупности три ведущие составляющие:

· интенсивность потоков ММ;

· допустимое время отклика при условии дальнейшего выполнения требуемой транзакции без зависаний и коллапсов;

· обеспечение заданных значений масштабирования, включая в качестве ведущего признака способность к реализации многозадачности, многооконности открытий и т.п.

Здесь понятие масштабирования расширено и усложнено в целях повышения на эргодической основе валидности и достоверности предлагаемых технических решений. То есть, под масштабированием в условиях реализации ММ W10mob в проекте понимается и раскрывается соответствующим комплексным математическим описанием сложная функция от пользовательского масштабирования, системного масштабирования, масштабирования от информационной накачки, масштабирования от многозадачности, многооконности, очередей сетевого исполнения и т.п., а также масштабирования от введения дополнительных функциональных программных инструментов, как то: ММ плееры, видеокодеки, редакторы и конверторы, переводчики, сервисы и т.п. [3].

Даже первоначальный опыт указанного тестирования и внесения последующих технологических корректировок в части воздействия на инструментальные и программные средства обеспечения мобилити в среде ММ наглядно показал, что осуществляя указанный пошаговый экспертный подход с последующими также пошаговыми корректировками можно получать лучшие и весьма минимизированные компромиссные ситуации, позволяющие наиболее эффективно и полноценно использовать ограниченные возможности ультрамобильной компьютерной техники под ОС W10mob в среде макромедиа и офисных приложений. Общий вычислительный пул досягаемых по производительности вычислений возрастает в 2 – 3 раза, а мера готовности при этом никак не уменьшается. Таким образом, информатизация образования и внедрение инновационных информационных технологий в процесс обучения носит всеобщий характер, что в свою очередь влечет за собой не только технические, но социальные последствия, предъявляя новые требования, как к обучаемым, так и к обучающим. [4]

Библиографический список

1. Болбаков Р.Г. Развитие и применение когнитивно-семантических методов и алгоритмов в мультимедийных образовательных портальных системах: автореферат диссертации. Московский государственный технический университет радиотехники, электроники и автоматики, Москва, 2013 г., 26 с.

2. Болбаков Р.Г. Мультимедийные образовательные технологии // Управление образованием: теория и практика, №1(17), 2015. С.156-167.

3. Болбаков Р.Г., Цветков В.Я. Информационно когнитивные методы оценки качества образовательных порталов // Славянский форум, №1(15), 2017. С. 50-58.

4. Shnyrenkov E. A., Kochetkova L.N. Socio-humanitarian aspects of the society informatization // International Journal of Applied Engineering Research ISSN 0973-4562 Volume 10, Number 21 (2015) pp 42125-42129 © Research India Publications. http://www.ripublication.com

5. Матчин В.Т., Синицын А.В. Вариативное тестирование мобилити в макромедиа средах в условиях мультзадачного использования. /Искусственный интеллект: философия, методология, инновации. Сборник трудов X Всероссийской конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – М.: Московский технологический университет (МИРЭА), 2017, с. 158-163.

FEATURES VARIABLE TESTING MOBILITY IN THE INTENSIVE EDUCATION OF MAKROMEDIA ENVIRONMENTS

© V. T. Matchin
Moscow technological University, Moscow, Russia
matchin@mirea.ru

Abstract. Limited opportunities for the performance of mobile information technology, combined with rapidly increasing intensification of the load characteristics of makromedia impose specific characteristics on the quality, comprehensiveness and depth testing of the software used. On the basis of the analysis offered of the update recommendations.

Key words: intensive makromedia environment, mobility, variable testing, intersystem interoperability.

УДК 165

НАУЧНАЯ КОММУНИКАЦИЯ В МУЛЬТИДИСЦИПЛИНАРНЫХ СООБЩЕСТВАХ И СТИЛИ МЫШЛЕНИЯ

© Е.А. Никитина
Московский технологический университет, Москва, Россия
e-mail: nikitina@mirea.ru

Аннотация. Рассмотрены философско-методологические предпосылки проблемы коммуникации в мультидисциплинарных научных сообществах. Проведен сравнительный анализ понятий «стиль мышления», «стиль профессионального мышления», «когнитивный стиль». Показано влияние неявных знаний субъекта на достижения понимания в процессе коммуникации.

Ключевые слова. Инновационный университет, мультидисциплинарные сообщества, научная коммуникация, междисциплинарность.

Развитие научно-образовательной среды в инновационном университете в немалой степени зависит от эффективности научной коммуникации в мультидисциплинарных сообществах. Степень дифференциации научного знания такова, что дальнейшее развитие науки невозможно без междисциплинарных исследований; в инженерной деятельности необходима системная интеграция.

В классических технических науках начальные теоретические построения и образцы научной деятельности задавались базовой естественнонаучной дисциплиной. Современные научно-технические дисциплины ориентированы на решение комплексных научно-технических задач и не имеют такой единственной базовой теории [1]. Для решения задач такого рода привлекаются представители самых разных научных дисциплин: от естественных до гуманитарных наук. Соответственно, проекты получают название мультидисциплинарных проектов, а взаимодействие участников мультидисциплинарного сообщества нацелено на организацию эффективного междисциплинарного взаимодействия. Вместе с тем, междисциплинарность не возникает «автоматически», междисциплинарное взаимодействие можно считать состоявшимся, если «профессионал в области В на основе знаний, полученных в области А, получает новые знания в области В, которые используются в области А» (О.П. Кузнецов).

Феномен междисциплинарных научных комплексов характерен для неклассической и современной науки, особенно для научно-технических исследований. Взаимодействие между системами дисциплинарного знания нередко происходит на основе общей или комплексной методологии.

Решение комплексных научно-технических задач требует также согласования различных видов деятельности, соответственно, объект такого исследования усложняется, в него включается деятельностный компонент, без которого невозможно создание сложной технической системы.

Одной из наиболее актуальных проблем междисциплинарного взаимодействия в мультдисциплинарных сообществах является проблема организации научной коммуникации. Коммуникативное поведение в мультидисциплинарных сообществах нацелено на достижение понимания между представителями различных дисциплинарных сообществ, установление устойчивых междисциплинарных связей и взаимодействия [2].

Основная сложность состоит в различающихся стилях мышления представителей дисциплинарных сообществ, формирующихся в рамках дисциплинарных матриц. Основой различий являются профессиональные стили мышления, включающие использование профессионального языка. Целесообразно также выделить дисциплинарные стили мышления, которые характерны для сообществ ученых, специализирующихся в различных научных областях – естествознании, социально-гуманитарном знании, техническом знании, логико-математических науках и т.д., и основаны на соответствующих типах рациональности.

В естественных науках сформировался комплекс математических и эмпирических критериев истинности знания. Научное знание должно быть логически непротиворечивым, доказательным, эмпирически подтверждаемым, воспроизводимым.

Инженерное проектирование подчинено таким критериям и требованиям как эффективность, системность, надежность, безопасность.

В формальных науках получила распространение когерентная теория истины, в соответствии с которой критерием истинности знания является его согласованность с более общей системой знания, т.е. данное утверждение будет истинным, если оно получено по определенным логическим правилам из предложений, признанных истинными ранее.

Прагматическая теория истины связана с пониманием человека как действующего существа, чья деятельность направлена на удовлетворение существующих потребностей. Истинными считались те идеи и теории, которые способствовали достижению поставленной цели и приводили к ус-

пешному действию (У.Джеймс). Истина- это полезность идей и теорий. Данную теорию истины, получившую преимущественное распространение в комплексе социальных наук, называют также инструменталистской, так как идеи и теории выступают в качестве инструментов достижения цели.

Основатели конвенциональной теории истины А. Пуанкаре и П. Дюгем выводили представление об истине, опираясь на факты из истории науки. Действительно, существуют, например, различные геометрии: геометрия Евклида, Лобачевского, Римана. На основании каких критериев можно определить, какая из них истинна, т.е. более, чем остальные, соответствует действительности? Пуанкаре делает вывод, что аксиомы, лежащие в основании теорий, являются, по сути, конвенциями, т.е. соглашениями между учеными. Выбор той или иной аксиомы зависит от характера решаемой задачи.

Междисциплинарное взаимодействие нередко начинается с рефлексии относительно границ применимости дисциплинарного методологического «инструментария. Формирование стилей профессионального мышления связано с дисциплинарным оформлением науки как частью процесса институционализации науки, с формированием идеалов научности в различных группах наук – естественных, технических, математических, гуманитарных [3].

Немаловажную роль в решении проблемы организации научной коммуникации в мультидисциплинарных сообществах играет рефлексия относительно особенностей когнитивного стиля, под которым понимается характерная для человека «совокупность взаимосвязанных приемов, способов, стратегий осуществления познавательной деятельности» [4], формирующихся в процессе когногенеза индивида. Когнитивный стиль трактуется преимущественно как совокупность «вычислимых» особенностей познания, т.е. как инструментальные характеристики познания. В последние годы наблюдается более широкое толкование когнитивного стиля. В который стали включаться также содержательные характеристики. Данный подход может оказаться эффективным для понимания особенностей формирования дисциплинарного стиля мышления и профессионального стиля мышления.

Обратим также внимание на то, что изучение формирования когнитивного стиля, дисциплинарного стиля мышления, и стиля мышления в целом, сталкивается с проблемой неявного знания и проблемой соотношения осознаваемых и неосознаваемых компонентов индивидуального познания. Стиль мышления во многом определяется неявным знанием, кото-

рое включает неосознаваемые установки, стереотипы, автоматизмы, функционирует в невербальной форме, носит процедурный характер, не поддается самоанализу и интроспекции.

И, в заключение, отметим, что недостаточно исследованной в эпистемологии является проблема комплексной рациональности и трансдисциплинарной рациональности, соответствующих современному типу сложных объектов технонауки, задачам социотехнического проектирования.

Библиографический список

1. Горохов В.Г. Технические науки: история и теория (история науки с философской точки зрения): монография / В.Г. Горохов. – М.: Логос, 2012. – 512 с.
2. Никитина Е.А. Проблема понимания в философской герменевтике // Перспективы науки и образования. 2015. № 5 (17). С. 9-14.
3. Никитина Е.А. Проблема организации научной коммуникации в междисциплинарных сообществах // Гуманитарные и естественные науки: проблемы синтеза». Материалы Всеросс. научн. конф., 3 апреля 2012 г. Москва. Центр проблемного анализа и государственно-управленческого проектирования при ООН РАН. М.: Научный проект, 2012.
4. Когнитивный стиль // Энциклопедия эпистемологии и философии науки. – М.: Канон+, 2009. – с. 365.

SCIENTIFIC COMMUNICATION IN MULTIDISCIPLINARY COMMUNITIES AND THINKING STYLES

© E.A. Nikitina
Moscow Technological University, Moscow, Russia
e-mail: nikitina@mirea.ru

Abstract. Considered the philosophical and methodological background to the problems of communication in multidisciplinary scientific communities. A comparative analysis of the concepts of "thinking style", "style of professional thinking" and "cognitive style". Shows the influence of the tacit knowledge of subject understanding in the communication process.

Keywords. Innovative University, multidisciplinary community, science communication, interdisciplinarity.

УДК 94.470

ГУМАНИТАРНАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ ВЫСШЕГО ТЕХНИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

© С.Б. Павлов
Московский технологический университет, Москва, Россия
e-mail: sbpavlov@rambler.ru

Аннотация. Статья рассматривает традиции инженерного образования в России, значение и необходимость универсального гуманитарного просвещения. Делаются выводы о позитивных и негативных явлениях в современной системе образования.

Ключевые слова. Россия, история, образование, государство, культура.

Гуманитарная составляющая технического образования на первый взгляд выглядит ненужным довеском. Но это только на первый взгляд. Традиция университетского образования всегда предполагала гуманитарную составляющую достойного уровня. Инженер в России во всём был образованным человеком. Н этом строилась традиция русского высшего технического образования.

Исключительной его особенностью была роль государственной политики. Не монастыри, организовавшие университеты в Европе, и не профессорско-преподавательские корпорации в этих университетах собственным почином развивали образование в России, а государство. Преобразовательная деятельность Петра I в этой области хорошо известна, только стоит отметить, что он развивал образование в России сразу на всех уровнях, начальной, средней и высшей школы. Одновременно с Новигацкой и Артиллерийской школами (1701), Инженерной школой (1712) он учредил цифирные школы, которых к концу его правления было 42 с 2000 учащихся, а в 1725 г. началась Российская академия наук. При металлургических заводах на Урале и Олонецком крае были открыты горные школы, готовившие горных инженеров и администраторов горнорудного производства. Таким образом, Пётр I стремился восполнить недостаток инженеров, работавших прежде всего на нужды армии и флота, а после них для строительства. С тех пор и до недавнего, советского, времени вся система образования в России развивалась по воле государственной власти в прямом соответствии с пониманием ею национальных интересов страны.

Хотя, разумеется, в разное время это понимание имело свои особенности. Например, Академия художеств, учреждённая при Елизавете Петровне, выпускала художников и архитекторов, обслуживавших заказы двора и высшей знати. Потому что государственный интерес совпадал с их интересами.

Другой важнейшей особенностью развития образования в России и в ча-

стности инженерного было влияние Западной Европы. Само по себе это влияние не гарантировало положительных результатов. Из Европы приглашали учёных в Академию наук, но не всегда лучших. Причём в XVIII в. это делали в таких количествах, что только двое академиков были русскими, но учёным первой величины среди всех них был как раз русский М.В. Ломоносов. Система организации образования заимствованная в основном из Германии оказалась весьма удачной и подходящей для России. Но слепо скопированная система закрытого образования, в своих образцах бессмысленно жестокая и не нужная, сама по себе не улучшала его. К счастью она ограничилась только женским образованием (Смольный институт благородных девиц) и отдельными высшими учебными заведениями (Царскосельский и Демидовский лицеи). Александр I своими образовательными реформами воспроизвёл в России европейский образец университетской автономии. Но она плохо сочеталась с режимом самодержавия и была отменена. И когда во время Первой русской революции 1905-1907 гг. автономию университетам опрометчиво вернули, она помогла не власти, а революционерам.

Развитие инженерного образования и в XIX в. несколько отставало по времени от гуманитарного. Инженерные вузы, например, Институт путей сообщения и Политехнический институт в Москве возникли позже классических университетов. И почти до конца века высшее гуманитарное образование котировалось выше технического. Во вторую половину века это было связано не только с тем, что чиновная карьера вызывала большее почтение, чем инженерная, но и с тем, что студенчество естественнонаучных и технических факультетов было в массе своей настроено против самодержавия.

Советская власть отменила это различие. Она дала мощный импульс развития естественнонаучного и инженерно-технического образования в полном соответствии с прежними, петровскими традициями организации образования государством. И это стало непременным условием развития СССР и превращения его в сверхдержаву XX в. Потому что инженер по определению считается образованным человеком, а образованный человек не может быть гуманитарным невеждой.

В недавнее советское время гуманитарное образование во всех учебных заведениях имело главной целью идеологическое воспитание. Для этого существовали кафедры истории КПСС и научного коммунизма.

В настоящее время, когда действующая конституция не допускает никакой идеологической монополии, смысл гуманитарной составляющей высшего образования свёлся по существу к задаче общего гуманитарного образования студентов. В разных вариантах существуют кафедры Истории, Права, Философии, Политологии, Культурологии; иногда они их сливают в одну Гуманитарную кафедру, в других случаях, как в Московском авиационном

институте, образован целый гуманитарный факультет.

В результате сокращения времени преподавания гуманитарных дисциплин гуманитарное образование теряет эффективность. Тенденция эта следует из мнения, что гуманитарное образование лишне в техническом вузе и даже в университете.

Конечно, университет может быть университетом только в том случае, если его образование универсально, если в нём есть весь комплекс высшего образования. Но понимания только этого обстоятельства самого по себе недостаточно, чтобы понять смысл гуманитарной составляющей высшего образования.

Необходимость гуманитарного образования для инженера очевидна, если представить, что его вообще нет. Тогда уровень современных технических знаний и навыков сочетается с примитивными представлениями для чего их употреблять. Технически образованный невежа опасен для общества. [1]

Нравственная ответственность за свои действия, являющаяся нераздельной частью гуманитарной культуры человека, тем выше, чем выше уровень его возможностей. В значительной степени поэтому выдающие физики-ядерщики первой половины XX в. отличались высоким уровнем гуманитарной культуры. И отказ части из них работать над созданием атомной бомбы, как это сделал Сциллард, прямо указывает на это.

Но и на уровне куда меньшей ответственности, разделяемой в настоящее время основной массой инженеров, необходимость соответствия уровня культуры своим техническим возможностям никак не меньше. Есть множество современных печальных примеров того, когда этого соответствия нет. К примеру, в мире создано множество имитационных заменителей реальности, образовавших своего рода виртуальный мир. В узком применении имитации реальности существенно помогают в деле обучения пилотов, водителей, хирургов. Но разработанные для развлечения и общения они чрезвычайно вредны, потому что отучают человека понимать действительность, думать и чувствовать, общаться, наконец, просто нормально жить в реальном мире. То, как новые технические возможности усовершенствовали способы помутнения сознания человека, специально говорить даже не приходится. Это слишком хорошо известно. Но следует отдавать себе отчёт – какие именно мотивы влекли инженерную мысль их создавать и насколько широко они распространены. Они вредят обществу и человеку, они происходят из идеологии постмодернизма.

Важнейшая часть гуманитарного просвещения человека – идейное воспитание. Декларируемая внеидеологичность, которую мы наблюдаем в современной политической культуре, не более чем лукавство. Человек всегда руководствуется идеями. [2] И вопрос заключается только в том, какими именно. России, как и любой другой стране, в любое время, необходимы люди любя-

щие свою Родину, свой народ, свою культуру и готовые служить им. И ничего этого не будет, если вместо этих ценностей под предлогом идеологической чистоты в сознании образованных людей утвердится примат личного над общественным, культ примитивного эгоизма. Поэтому гуманитарная составляющая в техническом образовании призвана воспитывать человека и гражданина, патриота своей Родины. И в этом качестве её ничто не может заменить. Это воспитание особенно актуально для тех, кто по окончании учёбы в вузе будет служить в сфере обороны.

Современный уровень гуманитарного просвещения должен в себя включать важнейшие гуманитарные дисциплины: русский язык и культуру речи, философию, историю России, культуры, общественный мысли, право. Причём в отношении философии и всех названных видов истории следует в равных долях представлять их мировой и отечественный варианты.

Библиографический список

1. Гусей-заде Р.Г., Кочеткова Л.Н. Профессиональные ценностные ориентации студентов технического вуза // Электронный сетевой научно-методический журнал «Вестник МГТУ МИРЭА», 2015, №2(7), с.29-38

2. Евреева О.А., Кочеткова Л.Н. Образование в контексте современного социального дискурса // Социальная политика и социология, №1(114), 2016, с. 88-98

3. Богомолова Л.И., Романова Л.А. История педагогики и образования в датах, событиях, фактах и именах. Владимир, 2004.

4. Глобальный вызов русской культуре. Экономическая теория на пороге XXI века: Глобальная экономика: Сборник / Под ред. Ю.М. Осипова, В.Г. Белолипецкого, Е.С. Зотовой. М., 2003.)

5. Shnyrenkov E. A., Kochetkova L.N. Socio-humanitarian aspects of the society informatization // International Journal of Applied Engineering Research ISSN 0973-4562 Volume 10, Number 21 (2015) pp 42125-42129. © Research India Publications. http://www.ripublication.com

THE HUMANITARIAN COMPONENT OF HIGHER TECHNICAL EDUCATION

© B. S. Pavlov
Moscow technological University, Moscow, Russia
E-mail: sbpavlov@rambler.ru

Annotation. The article considers the traditions of engineering education in Russia, the importance and necessity of universal humanitarian education. Conclusions are made about positive and negative phenomena in the modern education system.

Keywords. Russia, history, education, state, culture.

УДК 2964

СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

© М.А. Пономарева
Московский технологический университет, Москва, Россия
e-mail: beatrisa3579@mail.ru

Аннотация. Показана актуальность высшего образования в современном мире. Рассмотрены принципы корпоративной социальной ответственности и задачи социально ответственного университета.

Ключевые слова. Социальная ответственность, социальная ответственность высшего образования, принципы корпоративно социальной ответственности

Сегодня общество ждет не только качественных товаров и услуг по приемлемой цене, но и социальной стабильности. Процессы, происходящие в современном мире, объективно сводятся к потребности осознания степени значимости общественной ответственности всевозможными субъектами общественно-исторической и социально-политической деятельности.

Сейчас многие научные работники, специалисты-практики говорят о возросшей степени актуальности и важности социальной ответственности высшего образования. Социальная ответственность – это инструмент, помогающий формировать личную и общественную субъектность ее субъектов, которая оказывает большое влияние на решение самых трудоемких социальных вопросов, касающихся как становления общества в целом, так и отношений между государством и гражданином данного государства.

Основные принципы корпоративной социальной ответственности рассмотрены в табл. 1. Принципы социальной ответственности формируются за счет общественных ожиданий. Чтобы соответствовать ожиданиям общества, нужно чтобы деятельность индивида была связанна с соблюдением этических, правовых, благотворительных, природоохранных, коммерческих и социальных принципов. Другими словами, как стать достойным членом гражданского сообщества. Образованный человек - это человек, обладающий не просто профессиональной компетентностью, но и развитыми творческими способностями, высоким уровнем развития коммуникационных навыков, знающий деловой эти-

кет: «Современное образовательное учреждение выполняет важнейшие функции в образовательной деятельности, обеспечивая понимание общественных тенденций и принимая ответные меры по максимизации степени соответствия запросам современного общества» [5].

Таблица 1. Принципы корпоративной социальной ответственности

Принципы		Критерий
Открытость	Прозрачность	принципы ведения социальной политики, социальные программы и механизмы их реализации должны быть чёткими и понятными.
	Публичность	любая информация о корпоративной социальной ответственности, за исключением конфиденциальной, должна быть доступна общественности
	Достоверность	недопустимо сокрытие или фальсификация данных о корпоративной социальной ответственности
	Диалог	социальная политика строится на основе ведения диалога со всеми заинтересованным сторонами, обязательно наличие обратной связи с адресатами социальных программ.
Системность	Направленность	Наличие приоритетных направлений реализации социальных программ
	Единство во времени	Ответственность за текущую и прошлую деятельность, а также за будущее влияние деятельности КСО на внешний мир.
	Регулярность	Отказ от единичных и фрагментарных акций в пользу планомерных программ и проектов в рамках приоритетных направлений КСО.
	Интегрированность	Проникновение принципов КСО в процесс принятия решений на всех иерархических уровнях.

Принципы		Критерий
Значимость	Актуальность	Реализуемые программы КСО должны быть своевременны и востребованы.
	Масштабность.	Программы КСО должны охватывать значительную аудиторию и быть заметны для общества в целом.
	Эффективность.	Затраченные на реализацию программ средства должны ощутимо помогать в решении проблем, при этом результаты программ подлежат регулярной оценке и учёту.
Недопущение конфликтов.	Политическая неангажированность.	Неучастие в предвыборных гонках, поддержке политических партий или отдельных политических деятелей.
	Дистанцирование от церкви.	Отказ от поддержки духовенства, церкви, отдельных конфессий или религиозных течений.

Социальная ответственность относится к деятельности организации, направленная на поддержку устойчивого развития общества и на внешнюю среду, а так же поддержка деятельности организации на долгосрочную перспективу путем минимизации отрицательных и максимизации положительных действий на общество и на внешнюю среду, при помощи инициативного взаимодействия и обмена информацией с заинтересованными сторонами во всех сферах воздействия организации.

Социальная активность университета выражается в проведении многообразных социальных программ направленные на внешнюю и внутреннюю среду. Характерными особенностями программ социальной активности считаются добровольность их проведения, системный характер и связанность с миссией и стратегией становления института. Такой университет имеет право именовать себя социально ответственным, а это значит, что основой его деятельности лежит социальной ответственности и он выполняет комплекс общественных социально-значимых мероприятий в приоритетных для него направлениях.

Фундаментом социальной ответственности университета лежит ба-

ланс интересов всех участников образовательного процесса, а это абитуриент, университет, государство, общество.

Задачи в сфере реализации социальной ответственной политики:

- обеспечение высокой эффективности социальных мероприятий, приносящие большой вклад университета в становление общества;
- планирование деятельности социальной ответственности университета, основанной на международных принципах социальной ответственности, учитывая особенности отечественного государства;
- повышение уровня и качества жизни населения путём внедрения и реализации университетом основ общественной ответственности;
- достижение информационной прозрачности и осведомлённости во всех сферах работы вуза.

Библиографический список

1. Баранова Ю. А. Социально ответственная деятельность: проблемы управления / Ю. А. Баранова // Вестник Московского государственного университета культуры и искусств. - 2013. - № 4.

2. Кириллова О. Ю. Корпоративная социальная ответственность как объект внутреннего контроля / О. Ю. Кириллова // Управленческие науки. - 2013.

3. Маликова Д. М. Содержательный аспект развития социальной ответственности бизнеса / Д. М. Маликова // Проблемы региональной экономики. - 2013.

4. Перфильева О.В. Университет и регион: на пути к реализации третьей функции // Вестник международных организаций: образование, наука, новая экономика. - 2011. № 1. С. 134.

5. Шацкая И.В. Социальная функция высшего образования. // Вестник Московского университета. Серия 6: экономика. – 2012. – №4. С.36-42.

THE PROBLEM OF SOCIAL RESPONSIBILITY OF HIGHER EDUCATION

© Ponomareva M.A.
Moscow Technological University, Moscow, Russia
e-mail: beatrisa3579@mail.ru

Abstract. The relevance of higher education in the modern world is shown. The principles of corporate social responsibility and the tasks of a socially responsible university are examined.

Keywords. Social responsibility, social responsibility of higher education, principles of corporate social responsibility

УДК 004.04

ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА В СИСТЕМЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ ПО ПРИОРИТЕТНЫМ НАПРАВЛЕНИЯМ ПОДГОТОВКИ И СПЕЦИАЛЬНОСТЯМ

© И.Е. Рогов
Московский технологический университет», Москва, Россия
rogov@mirea.ru

Аннотация. В работе описывается опыт реализации образовательных программ подготовки бакалавров и магистров с внедрением в учебный процесс современных информационных технологий. Приведена структура образовательной деятельности федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технологический университет». Основной акцент сделан на потребности решения задач формализации информационных процессов и структур данных одного из ключевых компонентов образовательного процесса, которым является программа учебной дисциплины.

Ключевые слова: образовательные программы и стандарты, наукоемкие специальности, профессиональная подготовка, информационные технологии.

Введение

С развитием технического прогресса, а также усложнением и расширением объёма требований к организации образовательного процесса не прекращает расти потребность в интенсивном внедрении в деятельность образовательных организаций средств автоматизации бизнес-процессов, включая комплексные информационные системы обеспечения образовательной деятельности. Вместе с тем, на сегодняшней день наблюдается явное несоответствие между объёмами и структурой информационных потоков в образовательной среде и использующимися способами её обработки, анализа и применения.

В России формирование концепций информатизации общества и внедрения информационных технологий является одним из актуальных направлений развития различных областей [1]. Особую роль в современном образовании играют информационные технологии планирования и поддержки образовательных процессов, эффективное выделение ресурсов, накопление и анализ результатов, государственно-общественное управление образовательным учреждением [2].

1. Значение информационных технологий в процессе управления образовательным учреждением

Системе высшего профессионального образования наибольшую популярность получил такой класс информационных систем (ИС) как Learning Management System (LMS) [3] - системы управления учебным процессом. Одной из основных задач, которые призваны решать LMS является с одной стороны систематизация и унификация подходов к составлению и реализации образовательных программ, а с другой стороны обеспечение возможности реализации уникальных подходов, методик и практик в рамках каждой отдельной образовательной программы и каждой дисциплины. Кроме того к числу задач, которые должны решать ИС следует отнести [1-3]:

1. оптимизация информационного обмена между подразделениями образовательной организации; образовательной организацией и потребителями образовательной услуги; различными образовательными организациями; образовательной организацией и органами управления образованием;
2. повышение эффективности деятельности работников образовательной организации (как руководящего и административного состава, так и преподавателей);
3. структурирование информации и повышение степени её интуитивной доступности и пригодности для анализа.

Ещё одним значимым аспектом, определяющим направление развития этого класс ИС, является развитие и рост значимости систем профессионально-общественной аккредитации образовательных программ (включая международную), которые отводят заметное место информационным системам и механизмам автоматизации образовательной деятельности [4-7].

Существенное усиление конкуренции, которое наблюдается на рынке образовательных услуг, требует от образовательных организаций активизации работы в области контроля и повышения качества образовательных услуг, а это, в свою очередь, приводит к повсеместному внедрению LMS, призванных стандартизировать образовательный процесс и предоставлять инструмент контроля и управления ключевыми параметрами качества.

Следует отметить, что к настоящему моменту времени в Российской Федерации отсутствуют единые стандарты и требования, предъявляемые к образовательным LMS, что приводит к повсеместному их внедрению, базирующихся на разной архитектуре, принципах и подходах, зачастую не согласованных между собой и не предусматривающих кроссплатформенного взаимодействия или взаимной интеграции.

В настоящее время отечественный рынок информационных систем для вузов крайне неоднороден: широко распространены решения, предла-

гаемые крупными разработчиками (на базе платформ 1С, «Галактика», «Naumen» и т.д.); активно развиваются и расширяются относительно молодые информационные системы, разработанные компаниями, сделавшими ставку непосредственно на образовательную отрасль; значительной сохраняется доля образовательных организаций, использующих свои собственные разработки в области автоматизации деятельности [4-7].

Описанная ситуация наряду с упомянутым ранее отсутствием единых подходов к построению LMS и отсутствием глубокой проработки вопросов научной организации бизнес-процессов в образовательных организациях приводит к регулярному возникновению ряда проблем, препятствующих достижению максимальной эффективности (в том числе в области менеджмента качества) от использования ОИС.

2. Опыт внедрения информационных систем в процессы управления образовательным учреждением на примере ФГБОУ ВО «Московский технологический университет»

Структура образовательной деятельности ФГБОУ ВО «Московский технологический университет» характеризуется параметрами количества лицензированных направлений подготовки и специальностей профессионального образования, реализуемых образовательных программ и численность студентов и аспирантов. На рисунках 1 2 приведено количество лицензированных направлений подготовки и специальностей профессионального образования и распределение обучающихся по уровням образования [8]. Количество реализуемых образовательных программ составляет более 300, численность студентов и аспирантов 21 710 человек [9].

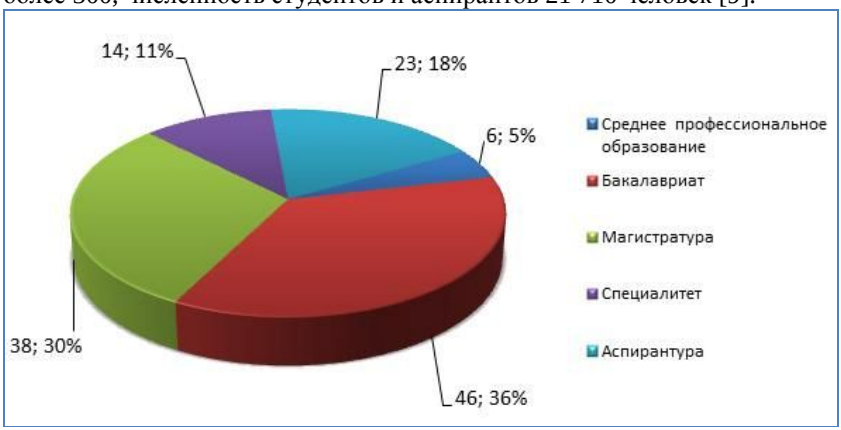


Рисунок 1. Распределение НП/С по уровням образования.

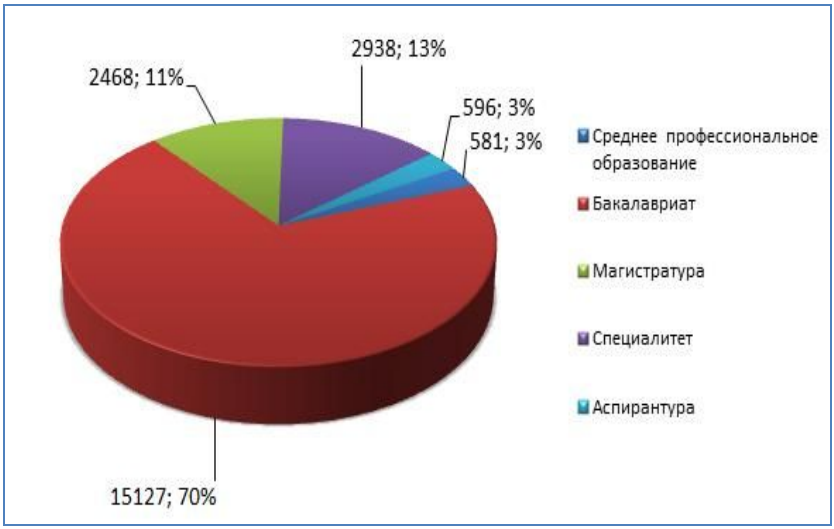


Рисунок 2. Распределение обучающихся по уровням образования.

Одним из ключевых компонентов образовательного процесса является элемент программы учебной дисциплины. Следует отметить, что каждая отдельная программа учебной дисциплины может являться компонентом нескольких различных образовательных программ. Кроме того, отдельные элементы одной программа учебной дисциплины могут отражать компетенции различных образовательных стандартов.

Заключение

В связи с обозначенными выше задачами и количественными показателями программа учебной дисциплины, как компонент учебного процесса, требует формализации информационных процессов и структур данных и последующего рассмотрения, как отдельной задачи в рамках автоматизации образовательного процесса.

Библиографический список

1. Правительство Российской Федерации. «Концепция региональной информатизации», декабрь 2014 г.

2. Правительство Российской Федерации. Государственная программа Российской Федерации «Развитие образования» на 2013-2020 гг.,

от 15 апреля 2014 г. № 295.

3. Szabo, Micheal; Flesher, K. (2002). "CMI Theory and Practice: Historical Roots of Learning Management Systems". Proceedings of World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education 2002 (WHITE PAPER) (Montreal, Canada: In M. Driscoll & T. Reeves (Eds.)): pp. 929–936. ISBN 1-880094-46-0.

4. Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment. URL: https://moodle.org/

5. Sakai. URL: https://sakaiproject.org/

6. EFront (eLearning software). URL: http://www.efrontlearning.net/

7. Joomla LMS. URL: https://www.joomlalms.com/

8. Сводный реестр лицензий Федеральной службы по надзору в сфере образования и науки Российской Федерации (http://isga.obrnadzor.gov.ru/rlic/details/CCF1C94C6E8E0718DBF1E8FFA8B7D95E/)

9. Сводный реестр лицензий Федеральной службы по надзору в сфере образования и науки Российской Федерации (http://isga.obrnadzor.gov.ru/rlic/details/CCF1C94C6E8E0718DBF1E8FFA8B7D95E/) (от 01.06.2017)

INFORMATION AND TECHNOLOGICAL SUPPORT OF THE EDUCATIONAL PROCESS IN HIGHER EDUCATION FOR THE PRIORITY DIRECTIONS OF TRAINING AND SPECIALTIES

© Igor E. Rogov
Moscow Technological University, Moscow, Russia
rogov@mirea.ru

Abstract. The paper describes the experience of realization of educational programs of preparation of bachelors and masters with introduction in educational process of modern information technologies. Given the structure of the educational activities of Federal state budgetary educational institution of higher professional education "Moscow technological University". The main emphasis is on the needs of solving the problems of formalization of the information processes and data structures one of the key components of the educational process, which is a program of the discipline.

Keywords: educational programs and standards, high-tech specialty, training, information technology.

УДК 314.723

КОРРУПЦИЯ КАК СОЦИОКУЛЬТУРНЫЙ ФЕНОМЕН

© В. В. Смирнов
Московский технологический университет, Москва, Россия
e-mail: V smirnov@mirea.ru

Аннотация. Работа посвящена анализу коррупции как социального и культурного явления современной России. Обосновывается вывод о социальной природе этого феномена. Раскрыты особенности коррупции как разновидности культуры особого типа посредством анализа конфликта интересов, ценностей, идентификации. Особо выделяется роль университетского образования в противодействии коррупции как составной части формирования инженерного этоса.

Ключевые слова. Коррупция, групповой эгоизм, власть, конфликт интересов, противодействие коррупции, образование, инженерный этос.

Коррупция (от лат.corruptio) – порча, подкуп должностного лица. Под коррупцией обычно понимается злоупотребление должностным положением, дача взятки, получение взятки, коммерческий подкуп, использование должностным лицом своего социального положения или влияния с корыстной целью, с целью наживы, вопреки законным интересам личности, общества и государства. В узком смысле коррупция есть использование должностным лицом своего служебного положения с целью личного обогащения. Материальный ущерб от коррупции – это десятки миллиардов рублей в год.

Коррупция наносит огромный нравственный вред обществу. Она оказывает разлагающее влияние на людей. Снижает уровень доверия к представителям власти. Коррупция не только подрывает основы экономической безопасности государства и общества, что снижает возможности выполнения государством своих социальных функций. Она «отталкивает» от легального участия в экономической жизни общества многих наших сограждан. Для многих людей в нашей стране участие в коррупционных схемах является привычным делом. Миллионы граждан официально нигде не работают, но при этом имеют необлагаемые налогами и сборами доходы. Коррупция воспринимается многими членами общества как норма и обязательное условие их жизнедеятельности.

Исследование коррупции имеет не только теоретическое, но и практическое значение. Важно отметить, что это не только экономическое по своей природе явление. Вознаграждение за коррупционную услугу чиновнику может быть и не материальным. Известен принцип - «Revolving

doors» («вращающиеся двери»). Чиновник даже может и не брать денег за лоббирование интересов частной компании. Но после ухода со службы он становится ее штатным сотрудником.

Коррупция по своей сути есть социальное явление. Это - явление группового эгоизма. От коррупционной сделки выигрывают нечистые на руку чиновники и бизнесмены, частные компании, граждане, стремящиеся получить незаслуженные и незаконные преференции. Возможным это становится потому, что чиновник, имеющий лишь право распоряжения, на самом деле присваивает себе и право владения. Помешать этому может лишь открытость, транспарентность власти.

Коррупционная культура представляет собой особый вид «чиновничьей» культуры. Природа этого явления сложна и противоречива. Особенности коррупционной культуры проявляются: во-первых, в конфликте личных интересов чиновника с интересами общества; во-вторых, в конфликте ценностей, разделяемых большинством населения и ценностями коррупционеров, в - третьих, в конфликте идентичности, в котором чиновник одновременно выступает и представителем власти и коммерсантом, который торгует государственными услугами.

Социокультурный анализ коррупции предполагает как поиск наиболее эффективных способов противодействия этому злу, так и исследование культурных традиций, существовавших на протяжении всей истории русской и российской государственности. Принцип «кормления» чиновников, традиция многих людей делать подарки чиновникам в знак благодарности за исполнение ими своих прямых обязанностей. В советском обществе устойчивый характер носила система взаимоотношений между людьми по принципу – «ты мне, я тебе».

В федеральном законе «О противодействии коррупции» [1], в Указе Президента Российской Федерации от 1 апреля 2016 г. № 147 «О национальном плане противодействия коррупции на 2016-2017 годы» [4] и в конвенции ООН против коррупции [3] сформулированы основные принципы и направления противодействия коррупции:

- принцип неотвратимости наказания за коррупционные деяния;
- транспарентность в деятельности органов государственной и муниципальной власти, в частности, прозрачность в расходовании бюджетных средств;
- гарантии государством социальных, экономических и политических прав граждан;
- разработка системы законодательных мер по профилактике коррупционных связей и проявлений;
- регулярное проведение занятий в государственных образовательных учреждениях с целью профилактики коррупционных проявлений;

- активное сотрудничество институтов гражданского общества и органов государственной власти с гражданами;
- совершенствование системы электронных услуг, оказываемых населению государственными и муниципальными органами власти и учреждениями;
- обеспечение независимости средств массовой информации;
- совершенствование этических кодексов поведения для работников государственных и муниципальных органов управления;
- формирование в обществе атмосферы нетерпимости к коррупционным проявлениям;
- создание условий для конкуренции в экономической и политической сферах жизни общества;
- принцип конкурсного отбора при замещении должностей государственных и муниципальных служащих;
- антикоррупционная экспертиза законных и подзаконных актов;
- обращение в доход государства имущества, в отношении которого не представлено сведений, подтверждающих его приобретение на законные доходы;
- унификация антикоррупционных стандартов для работников государственных организаций;
- совершенствование законодательства, регулирующего особенности получения подарков работниками государственных учреждений в целях противодействия коррупции:
- регулярное проведение социологических исследований для оценки уровня коррупции в субъектах Российской Федерации с целью разработки мер по противодействию коррупции;
- снижение уровня бытовой коррупции;
- эффективный контроль доходов и расходов государственных служащих.

Формирование эффективной системы мер по противодействию коррупции предполагает изучение не только всевозможных форм и уровней ее проявления, но разработку превентивной стратегии борьбы с этим злом, пустившим глубокие корни в нашей стране. Быстрого результата здесь ждать не приходится. Самое главное условие успешного противодействия коррупции – активное сотрудничество государственных и общественных институций, государства и граждан. Об этом же говорится и в послании Президента РФ В. В. Путина Федеральному собранию 1 декабря 2016 года: «… борьба с коррупцией – это не шоу, она требует профессионализма, серьёзности и ответственности, только тогда она даст результат, получит осознанную, широкую поддержку со стороны общества». [5].

В стране ощущается острая необходимость в развитии институтов

гражданского общества, независимых от государственной власти и неподконтрольных ей. Необходимо не противостояние власти и общества, а сотрудничество на основе общей заинтересованности в искоренении коррупции. Особую роль здесь призваны сыграть независимые СМИ и Интернет, выполняющие функцию обратной связи в системе отношений «власть-общество», «гражданин-государство». В колледжах и университетах необходимо ввести учебные курсы соответствующей тематики, способствующие воспитанию у молодежи чувства неприятия коррупции. Особенно актуальным проблемы воспитания молодого поколения становятся в условиях глобализации. Тем более что проблема противодействия коррупции сама по себе является глобальной.

Немалую профилактическую роль в противостоянии коррупции могут сыграть учреждения образования. Целесообразно в связи с этим внести в программы учебных курсов по общественным и гуманитарным наукам соответствующие дополнения с целью формирования у обучаемых (студентов, магистрантов, аспирантов) антикоррупционного мировоззрения. Важнейшая составляющая профессионального этоса инженера - духовно-нравственная. Объектами этического регулирования являются: конфликт интересов, конфликт ценностей, конфликт идентичности. От мотивации, моральных норм и ценностных установок специалиста не менее чем от его профессиональных, знаний, умений, навыков, зависит результат его трудовых усилий. Ради чего работает инженер? Ради денег или на благо людей? Вот вопросы, которые по своей важности не уступают вопросам повышения уровня профессионального мастерства. Так Кочеткова Л.Н. справедливо отмечает: «В основе профессиональной этики должны быть заложены определения таких понятий, как некоррумпированность и прозрачность, за которые каждый должен отвечать не только перед законом, но и перед своей совестью» [6,14].

В современных условиях важнейшей задачей высшей школы является подготовка кадров высшей квалификации, отвечающих требованиям не только сегодняшнего дня, но и требованиям дня завтрашнего. Особый спрос в современной России на выпускников вузов, не просто освоивших профессиональные и социальные компетенции, но и готовых к творческой реализации знаний, умений, навыков в своей практической деятельности, готовых не только к созданию общественно-полезных инновационных проектов технического и технологического характера, но и внедрению их в жизнь нашего общества. Основное содержание деятельности современного университета – целенаправленная работа по развитию творческих способностей личности каждого студента, содействие самоопределению и социализации обучающегося на основе социокультурных и духовных ценностей и принятых в нашем обществе правил и норм поведения [2,ст.7598].

Библиографический список

1. Федеральный закон от 25 декабря 2008 г. N 273-ФЗ "О противодействии коррупции". - Система ГАРАНТ: http://base.garant.ru/12164203/#ixzz3rG7kgBR.
2. Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации». Принят Государственной Думой 21 декабря 2012г. Одобрен Советом Федерации 26 декабря 2012г.Собрание законодательства Российской Федерации № 53. Ст.7598. Официальное издание 31 декабря 2012г. (Часть 1) – Государственное учреждение–издательство «Юридическая литература» Администрации Президента Российской Федерации.
3. О ратификации Конвенции Организации Объединенных Наций против коррупции: Федеральный закон от 8 марта 2006 года №40-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации (СЗРФ). 2006. № 12. Ст. 1231.
4. Указ Президента Российской Федерации от 1 апреля 2016 г. № 147 «О национальном плане противодействия коррупции на 2016-2017 годы». – http:// www. kremlin. ru.
5. Послание Президента Федеральному Собранию 1 декабря 2016 года. – http:// www. kremlin. ru.
6. Кочеткова Л. Н. Креативность и антиномичность инженерно-технической деятельности в информационном обществе: социально-философский анализ // Труды всероссийской научной конференции «Инновационные стратегии развития науки, техники и общества. Социальная инноватика – 2014». - М.: ВНИИгеосистем, 2014.- С.12-17.

CORRUPTION AS A SOCIAL AND CULTURAL PHENOMENON

© V.V. Smirnov
Moscow Technological University, Moscow, Russia
e-mail: V_smirnov@mirea.ru

Abstract. This paper analyzes corruption as a social and cultural phenomenon in modern Russia. The conclusion about the social nature of this phenomenon. The features of corruption as a kind of culture a particular type through the analysis of conflicts of interests, values, identification. Highlights the role of University education in anti-corruption as an integral part of the formation of the engineering ethos.

Keywords. Corruption, group selfishness, power, conflict of interest, anti-corruption, education, engineering ethos.

УДК 378.4

ПОДХОД В.И. ВЕРНАДСКОГО К ПОДГОТОВКЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КАДРОВ В УНИВЕРСИТЕТЕ И ОРГАНИЗАЦИИ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

© Д.В. Солодухин
Московский технологический университет (МИРЭА) ИИНТЕГУ
Москва, Россия
e-mail: DV-S@yandex.ru

Аннотация. Статья посвящена осмыслению В.И. Вернадским (1863-1945), крупным учёным-естествоиспытателем, проблем высшего образования, а также его подходу к подготовке профессиональных кадров в вузе.

Ключевые слова: В.И. Вернадский, целостный подход, университет, естественные, технические и гуманитарные науки, преподаватель, творчество

Подход В.И. Вернадского (1863-1945) к проблеме подготовки профессиональных кадров в университете и организации высшего образования вообще представляются тем более значимыми, что это рефлексия не только крупного учёного, но одновременно «практика», непосредственно знакомого с потребностями научной жизни организатора многочисленных академических учреждений разного масштаба. Эрудированный естествоиспытатель он ясно отдавал себе отчёт в том, что научно-техническое знание, само по себе, в отрыве от гуманитарных наук, в частности, от мировоззренческой составляющей, неполно и недостаточно. По крайней мере, в вузовском обучении.

Здесь он ратовал за целостный подход, символом которого был для него университет. Уже само слово, происходящее от лат. *universitas* – «совокупность», «общность», «объединение», предполагает целостность. «Соединение факультетов в один университет не есть механическое объединение, – пишет Вернадский. – Оно вносит для всякого поступающего в университеты неоценимые и ничем не заменимые переживания, лишить которых юношество было бы актом величайшего заблуждения, с точки зрения блага народа. Только в университете есть возможность каждому в свободном общении с разнообразнейшими по интересам и занятиям работниками войти в круг мирового знания, науки во всем её недоступном отдельному человеку величии» [1; с. 266]. Как и во многом другом, для русского учёного важен принцип

взаимодополнительности и взаимоперехода. Важно именно «соединение вместе разнообразных предметов преподавания и тысяч студенческой молодежи». Оно само по себе имеет «такое образовательное значение, которое не может быть заменено никаким другим образом» [2; с. 216]. В этом смысле недооценка и элиминирование какого-либо из составных компонентов такого целого извращает сам замысел университета, даже если при этом соответствующий термин включён в его титулатуру.

Вернадский выступал за сохранение преемственности в реформировании высшей школы. При преобразовании русского университета недопустимо радикальное отступление от «исторически сложившейся почвы» и «осуществления исконных идеалов» [3]. Высшее образование должно быть организовано «на *общечеловеческой основе*» [2], то есть в контексте гуманистических ценностей.

Само собой, необходима связь различных образовательных ступеней, в частности, «связь высшей школы со средней». Вместе с тем не стоит забывать, что «каждая высшая школа является не только *школой*, но в то же время и *научной организацией*, ведет огромную научную работу» [2]. Иными словами, должна существовать возможность продолжения профессионально-академического роста. Причём, не только формально правильный рост IQ «специалистов», но вызревание учёных, которое возможно только при всестороннем непосредственном межличностном взаимодействии со старшими коллегами – и не только в обмене знаниями, но и жизненным опытом. Словом, сами академические порядки призваны создавать творческую атмосферу, благоприятствующую подобной трансляции и формированию подлинных учёных.

Вернадский хорошо осознаёт ключевое значение вузовского преподавателя. В университетском образовании личность профессора, лектора по своему значению приближается той роли, которую играл учитель в традиционных культурах древности. По мысли учёного, «хороший профессор, может быть, более редок, чем хороший певец или актёр» [2]. Вот почему жизненно важно ценить университетского преподавателя; принципиально обеспечить достойные материальные условия, чтоб у него не было необходимости заботиться о том, как прокормить себя и свою семью. Вместе с тем необходимо, чтоб оставалось достаточно досуга не только для лекционной работы в аудитории, но также для исследований и научного творчества.

Существенно, что сама научная деятельность не сводится к логической составляющей (хотя вовсе без неё наука существовать не может!). «*Научная творческая мысль*, – читаем у Вернадского, – ***выходит*** *за преде-*

лы логики (включая в логику и диалектику в разных ее пониманиях). Личность опирается в своих научных достижениях на явления, *логикой* (как бы расширено мы ее ни понимали) *не охватываемые*» [4, С. 598-599.]. Рациональный дискурс попросту «*не охватывает всего знания* человека о реальности», вот почему его значение не стоит переоценивать.

И хотя во времена Вернадского технические науки стали господствующими в высшей школе и глубоко проникли в ее структуру, образование не должно быть техницистским. Совершенно очевидно, что оно «никогда не будет слагаться только из одних данных науки, но должно включать в себя создания и всех других проявлений духовной жизни человечества» [5, с. 58]. По словам Л.А. Алексеевой, отсюда следует: «Университет как воплощенное Просвещение должен открывать молодым людям не только новые образовательные, но и *моральные*, *эстетические горизонты*, расширять их представления об окружающем мире и самом человеке» [6].

Говоря иначе, университет призван стать формой «организации учащегося народа». По мысли Вернадского, она не просто сохраняет культуру и национальное существование, но есть форма, «*творящая* эту *культуру*, кующая национальную силу» [2].

Вернадский, применявший в естественнонаучной сфере междисциплинарный подход, стремится провести такой же принцип и в образовании. Речь о социально-гуманитарных науках («науках о духе», по В. Дильтею). На рубеже двадцатых годов – к тому же в условиях только закончившейся Гражданской войны – факультет общественных наук порой рассматривался как непозволительная роскошь. («Философию за борт!», выразился в 1922 г. С.К. Минин, будущий ректор большевистского Ленинградского государственного университета, в своей одноимённой статье в журнале «Под знаменем марксизма».) По мысли советских идеологов, философия как форма общественного сознания «своё отжила». В новых социально-политических и исторических условиях она оказывается вредной, ибо является формой сознания, характерной для классовой буржуазии, а потому враждебна пролетариату. Философия должна объединиться с наукой, стать *научной* философией, каковой и является «диалектический материализм». Словом, кредо нового уклада стало доминирование науки, точнее, естествознания и технических дисциплин.

Напротив, академик Вернадский, энциклопедически образованный представитель классической русской научной школы, закрытие факультета общественных наук считал недопустимым, ибо без него прекратилось бы

систематическое изучение вопросов, касающихся создания нового общественного строя. Работа факультета сосредоточена вокруг проблем оптимизации общественного развития, в частности, вопросы мировоззренческого, народно-хозяйственного значения и т.д. По убеждению учёного, от их успешной научной разработки напрямую зависят политические, хозяйственные, демографические и иные аспекты общественной жизни.

Отстаивая всесторонность университетского образования, «широту университетского духа», Вернадский писал: «Только в университете есть возможность каждому в свободном общении с разнообразнейшими по интересам и занятиям работниками войти в круг мирового знания, науки, во всём её недоступном отдельному человеку величии» [1, с. 266].

В условиях нависшей угрозы распада Таврического университета Вернадский отстаивал необходимость сохранения *всех* факультетов: не только технических (медицинского и агрономического) и физико-математического, но также философско-словесного и общественных наук [6]. «В философско-словесном факультете сосредоточено изучение и углубление философских дисциплин, *без которых не может существовать университет*, и не может идти жизнь цивилизованного человечества. В нём идёт изучение драгоценного орудия всякого школьного преподавателя – языка и духовной культуры народа» [1, с. 265].

Общественно-гуманитарная составляющая университетского образования и подготовки профессиональных кадров важна также в плане формирования морально-нравственной ответственности за возможные последствия своей деятельности и открытий. Такая ответственность является профилактикой любой нечистоплотности в науке и околонаучной среде. «Вопрос о *моральной стороне науки* …становится действенной силой, и с ним придётся всё больше и больше считаться» [4, с. 532.]**. Моральность есть порождение биосферы.**

Русский учёный задумывался и о студентах. Так в октябре 1920 г., вскоре после избрания ректором, в беседе с журналистом симферопольской газеты «Таврический голос» Вернадский коснулся роли *студенчества* в жизни университета. Роль эту он считал «весьма важной и крупной, но именно в жизни университета, а не в управлении им». Речь, прежде всего, об участии в научной жизни университета. В то время как управление «всецело должно принадлежать совету университета. В массах российского студенчества одно время бродила идея о привлечении его к управлению университетами, но практического осуществления она нигде не получила, выливаясь только в довольно фантастические проекты». Участие студен-

чества в управлении университетом, по Вернадскому, «совершенно не нужно». Ректор сожалел, что в Таврическом университете «не чувствуется довольно яркой, полнозвучной жизни студенчества» и винил в этом те «тяжелые условия современности, которые отнимают у студентов всё время на поиски заработков» [цит. по: 7].

Итак, материально-финансовая составляющая является хоть и недостаточным, но чрезвычайно важным условием научной деятельности: «высшая школа, правильно поставленная, стоит дорого» [2]

Таким образом, к подготовке профессиональных кадров в университете и организации высшего образования Вернадский подходил с тех же принципов целостности и междисциплинарности, которые стремился проводить и в науке. Для него была важна, прежде всего, разносторонность подготовки профессионалов, специалистов, учёных. В образовании и обучении наиболее значимо развивать не какие-то формальные моменты, а именно способность к эвристическому мышлению и творческому поиску. В этом ключевую роль играет живая личность – как преподавателя, так и студента.

Библиографический список

1. Вернадский В.И. О сохранении Таврического университета / В.И. Вернадский // О науке : в 2 т. [Текст] Т. II : Научная деятельность. Научное образование / Сост. Г.П. Аксенов и др.; Предисл. М.С. Бастраковой. – СПб.: Изд-во РХГИ, 2002. - 599 с. - ISBN 5-88812-137-1 – С. 262-275.

2. Вернадский В.И. Задачи высшего образования нашего времени / В.И. Вернадский // О науке : в 2 т. [Текст] Т. II : Научная деятельность. Научное образование / Сост. Г.П. Аксенов и др.; Предисл. М.С. Бастраковой. – СПб. : Изд-во РХГИ, 2002. - 599 с. - ISBN 5-88812-137-1 С. 205-218. [Электронный ресурс] URL: http://www.intelros.ru/pdf/metafizika/2014_4/12.pdf (Дата обращения 12.06.2017 г.)

3. Вернадский В.И. Об основаниях университетской реформы / В.И. Вернадский // О науке : в 2 т. [Текст] Т. II : Научная деятельность. Научное образование / Сост. Г.П. Аксенов и др.; Предисл. М.С. Бастраковой. – СПб. : Изд-во РХГИ, 2002. - 599 с. - ISBN 5-88812-137-1 – С. 115-147. [Электронный ресурс] URL: http://glonoos.com/wp-content/uploads/Ob-osnovaniyah-unt-reformi-2013-2.pdf (Дата обращения 12.06.2017 г.)

4. Вернадский В.И. Научная мысль как планетное явление / В.И. Вернадский // Избранные труды. / Сост., авт. вступит. ст. и комм. Г.П. Аксёнов. М.: РОССПЭН, 2010. Электронный ресурс: http://vernadsky.lib.ru/e-

texts/archive/thought.html (Дата обращения: 12.06.2017 г.)

5. Вернадский В.И. Задачи науки в связи с государственной политикой в России / В.И. Вернадский // О науке : в 2 т. [Текст] Т. II : Научная деятельность. Научное образование / Сост. Г.П. Аксенов и др.; Предисл. М.С. Бастраковой. – СПб. : Изд-во РХГИ, 2002. - 599 с. - ISBN 5-88812-137-1 – С. 56-69.

6. Алексеева Л.А. Концепция университета В.И. Вернадского и ее значение // Збірка праць II науково-методичної конференції "Проблеми і шляхи вдосконалення науково-методичної та навчально-виховної роботи в ДонНТУ". м. Донецьк, ДонНТУ, 1-2 лютого 2005 року - Донецк, ДонНТУ, 2005. URL: http://ea.donntu.org:8080/bitstream/123456789/23229/1/alekseeva.pdf (Дата обращения: 12.06.2017 г.)

7. Филимонов С. История главного университета Крыма – яркая страница в истории интеллигенции, науки, культуры и просвещения полуострова. Крым-Информ. 14 октября 2016 г. URL: http://www.c-inform.info/interviews/id/189 (Дата обращения: 12.06.2017 г.)

V.I. VERNADSKY ON UNIVERSITY TRAINING OF SPECIALISTS AND HIGH SCHOOL ARRANGEMENT

© Dr. Denis V. Solodukhin
Moscow Technological University (MIREA) Moscow, Russia
e-mail: DV-S@yandex.ru

Annotation: It is spoken on Vladimir Vernadsky's approach to personnel training and high school education arrangement. The point of origin is the principles of integrity and interdisciplinary – similar to his scientific credo. For him, it was important, first of all, the versatility and diversification in training of professionals, specialists and scientists. In education and training, it is most important to develop not formal moments itself but heuristic thinking and creative searching ability. By Russian scientist key role in educative process plays person: both the teacher and the student as well.

Keywords: Vladimir Vernadsky, Holistic approach, University, natural science and humanities, lecturer, creativity

УДК 316

РОЛЬ СОЦИОЛОГИЧЕСКОГО ЗНАНИЯ В ПОДГОТОВКЕ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ КАДРОВ

© Е.В. Сушкова
Московский технологический университет, Москва, Россия
e-mail: e-sushkova@lenta.ru

Аннотация. Автором исследования определено, что, выстраивая систему управления на предприятии управленческие кадры не могут обойтись без социологических знаний. С их помощью изучается комплекс закономерностей и проблем функционирования социальных отношений в процессе управления. Под углом социологического знания управление является социальным процессом целесообразного воздействия на управляемые системы. Социологическое знание для современных управленческих кадров – необходимая основа обеспечения процесса управления в целом.

Ключевые слова. социологическое знание, управленческие кадры, социальные технологии, управленческий труд.

В настоящее время подготовке управленческих кадров в современной России уделено особое внимание по той причине, что именно от них зависит, насколько работоспособным и эффективным будет подчиненный им коллектив, насколько грамотно будет организована работа в таком коллективе, и насколько велика будет польза, которую такой коллектив, управляемый хорошо подготовленным руководителем, сможет принести своей стране.

Основная задача управленческих кадров – осуществлять грамотное управление в рамках подчиняемой им структуре. Управление является достаточно емким понятием, выступающим как предмет изучения ряда наук. В общем виде управление представляется целенаправленным, планируемым, координируемым и сознательно организованным процессом, направленным на достижение максимального эффекта, при этом, затраты ресурсов, усилий и времени должны быть минимальны.

Существует ряд точек зрения на понятие управления:

- управление является особым видом деятельности, благодаря которому неорганизованная толпу становится эффективной, целенаправленной и производительной группой;

- управление является процессом целенаправленного воздействия субъекта управления на объект управления, призванным достичь опреде-

ленных результатов;

- управление является совокупностью универсально-исторических принципов, служащих основанием взаимоотношений в иерархии в любом обществе в условиях любой исторической эпохи [2].

Таким образом, в любой ситуации, при наличии иерархии и организации, имеет место действие универсально-исторических законов управления. Указанное множество определений имеет прямую связь с тем, что управление воспринимается различно каждым из людей в любое время.

В рамках социологического подхода управление – это пирамида социальных отношений. С позиции социологии управление является властной формой, закрепляющей социальные отношения людей, которые занимают определенное место в системе организации труда (это определяет уровень важности и сложности задач, выполняемых ими). Указанное место – это должностное положение и место в системе распределения труда, определяющее размеры вознаграждения (суммы окладов, заработной платы) и дополнительные выплаты (размеры премии, доли от прибыли и пр.). Здесь управление позиционируется также искусством, так направляющим усилия людей к нужным не им, а компании целям, чтобы у направляемых не возникло чувства принуждения.

Управление может выступать как система отношений и как форма взаимодействия. В первом случае имеет место социальная иерархия, диапазон контроля, власть, ранг, статус, роли и пр. Во втором - методы контроля (общий и детальный), делегирование полномочий, сила руководства, конкуренция, продвижение, лидерство, конфликты и о многое другое, что именуется как динамика управления. Техническая точка зрения на управление определяет его в качестве рационального способа, позволяющего получить максимальный эффект, затрачивая минимум усилий и ресурсов.

Выстраивая систему управления на предприятии управленческие кадры не могут обойтись без социологических знаний. С их помощью изучается комплекс закономерностей и проблем функционирования социальных отношений в процессе управления.

По мнению Т.П. Галкиной, управление с позиции социологии и с применением социальных знаний преследует формирование групп в системе управления с учетом социологических признаков, изучает изменения социальной структуры в процессе развития управления, комплекс ее характеристик и уровень практического эффекта [1].

М.В. Удальцова считает, что с уклоном на использование социологических знаний наука управления изучает комплекс социальных отношений и устанавливает объем основных критериев эффективности их функ-

ционирования с позиции всех субъектов социальных отношений [3].

Вышеуказанные определения подчеркивают два направления применения социологического знания в науке управления: перспектива изучения социальных отношений, различных проблем и направлений при принятии управленческого решения; исследование процесса формирования и изменения групп, являющихся социальными общностями.

Социологическое знание, применяемое управленческими кадрами в работе, позволяет им изучать закономерности, определяющие ряд гуманитарных и социальных предпосылок; проводить исследование содержания и результатов управления коллективом. Выявление указанных закономерностей управленческие кадры могут осуществить, анализируя взаимосвязь управленческой деятельности и социальную реальность, учитывая фактора времени, позволяющий адекватно отражать весь комплекс актуальных процессов и их потенциальных перспектив развития.

Соответственно, посредством социологического знания, выступающего в качестве комплексной интегративной области научных знаний, касающейся конкретных социальных процессов, управленческие кадры могут осуществить анализ и поиск путей, способствующих оптимальному разрешению социальных проблем в трудовых коллективах. Используя социологические знания, руководители могут разрабатывать теории, технологии и методы социальной работы, осуществлять учёт и реализацию социальных потребностей и интересов различных категорий сотрудников компании, изучать и применять весь комплекс закономерностей, принципов и механизмов планомерного, организованного, целенаправленного воздействия на работников в частности и весь трудовой коллектив в целом [4].

В настоящее время для решения проблем организации управленцы используют различные средства (способы), выбираемые в зависимости от их специфики и наличия проблемных знаний, но для того, чтобы правильно принять конкретное управленческое решение необходимо также иметь постоянно обновляемый и накапливаемый банк проблемных знаний, содержащий информацию о прецедентах с тем, чтобы не допускать одних и тех же ошибок при решении однотипных проблем. Примером использования социологического знания управленца является то, что в помощь современным управленцам сегодня разрабатывается комплексное применение социологического обеспечения управления персоналом, которое дает возможность повысить эффективность работы по управлению персоналом в организации и качество принятия управленческих решений, что в свою очередь позволяет значительно сократить затраты на внедрение ошибочных решений. Кроме того, социологическое обеспечение управления пер-

соналом позволяет организовать и усилить интерактивную взаимосвязь между работодателем и сотрудниками с целью улучшения условий труда и создания реальных возможностей для развития человеческого капитала в плане реализации творческих способностей [5].

Социологическое обеспечение управления является целостным и непрерывным процессом, включающим изучение и анализ, формирование, развитие и коррекцию жизнедеятельности всех субъектов, которые находятся в поле деятельности кадровой службы или конкретного руководителя. Для его осуществления необходима целостная исследовательскоразвивающая технология, цель которой – оптимизировать работу и жизнь социальных субъектов, чтобы они могли полностью реализовать свой творческий потенциал, сохранять свое комфортное психическое состояние и показывать высокие результаты труда. В процессе осуществления социологического обеспечения процесса управления персоналом для того, чтобы получить репрезентативную социальную информацию, часто применяют различные социологические методы опроса (анкетирование, интервьюирование и т.д.) В управлении персоналом комплекс персонифицированной информации, отражающей индивидуальное отношение персонала к личностным и организационным потребностям позволяет получить объем репрезентативной информации, достоверно описывающей причины возникновения имеющейся образовательной потребности.

Совершенно очевидно, что для организации и успешного функционирования данного подхода в управлении персоналом, руководитель должен руководствоваться социологическим знанием. Применение социологического знания в управленческом труде позволяет глубоко и всесторонне рассмотреть актуальные аспекты функционирования любой организации: организационную культуру; систему власти и отношений «руководительподчиненный»; социальную структуру организации; взаимосвязи формальных и неформальных структур; особенности социальных групп, статусов и ролей; особенности формирования групп в рамках системы управления в соответствии с социологическими признаками; особенности организационных конфликтов; адаптацию персонала; направления социального планирования; уровень удовлетворенности трудом и отчуждения от работы; социальную ответственность и др. [6].

Под углом социологического знания управление является социальным процессом целесообразного воздействия на управляемые системы. Сегодня не вызывает сомнения, что эффективную деятельность организации во многом определяют социальные факторы. Современным научным управлением указанный процесс включает комплекс самостоятельных,

обособленных, но взаимосвязанных видов деятельности. Каждый вид такой деятельности носит название функции. Таким образом, распределение обязанностей между органами управления и отдельными работниками именуется функциональным разделением обязанностей. Необходимость функционального подхода к управлению определяется объективными условиями разделения труда, а также сложностями и многообразием специализированной деятельности аппарата управления. Современная концепция управления подобное распределение должностных обязанностей определяет как процесс, является выполнением повторяющихся операций и процедур с определенной последовательностью, а само выполнение подкрепляется наличием и использованием современных средств управления и посредством компьютерных технологий. [7] Соответственно, категории «структура управления» и «функция управления» являются взаимообусловленными, но при этом структура должна создаваться именно под функции, а не наоборот.

Управление в целом является циклическим процессом, состоящим из конкретных видов управленческих работ, которые именуются «функции управления». Соответственно, сегодня необходимы стимулы для профессиональной саморефлексии управленческих кадров с учетом технико-технологической опасности так называемых «экстремальных» систем, постоянно возникающих в обществе; непредвиденных процессов развития техноприродных и социотехнических систем; рисков неопределенности, при возникновении которых возникают различные последствия. И именно поэтому применение социологических знаний сегодня необходимо, поскольку только посредством их применения можно произвести диагностику состояния объекта управления.

Все вышесказанное позволяет выделить ряд функций социологического знаний в управлении. Одна из функций – диагностическая, она позволяет описать коллектив как социальную систему посредством ряда показателей. Важная роль принадлежит и организационно-технологической функции, когда в результате исследований конкретных ситуаций разрабатываются не только социальные проекты, но и технологии их реализации, управленческие решения. Еще одна функция – это координирование, она позволяет синхронизировать действия всех элементов управляемой системы, согласовать и урегулировать поведение всех сотрудников на основе использования социологических подходов у управленческом труде.

Таким образом, можно заключить, что социологическое знание для современных управленческих кадров – необходимая основа обеспечения процесса управления в целом, так как только применяя социологические

знания современный руководитель может грамотно построить свою работу и оценивать состояние и перспективы развития трудового коллектива на ближайшую и длительную перспективу.

Библиографический список

1. Галкина Т.П. Социология управления: от группы к команде: Учеб. пособие. – М.: Финансы и статистика, 2001. – 290 С.
2. Ильин Г.Л. Социология и психология управления: учебное пособие для студ. высш. учеб. заведений / Г.Л. Ильин. – 3 изд., стер. – М: Издательский центр «Академия», 2010. – 192 с.
3. Удальцова М.В., Аверченко Л.К. Социология и психология управления: Учебное пособие. – Ростов-на-Дону: «Феникс», 2001. – 320 с.
4. Щербина В. В. Особенности менеджмента как направления управленческой деятельности // Социс, 2001. – № 10.
5. Здоровицкий, А. Социологическое обеспечение реабилитации военнослужащих/ А.Здоровицкий // Власть. – 2007. – №5. – с. 76-79
6. Кудж С.А., Кочеткова Л.Н., Назаренко М.А. Философия управления качеством. // Вестник МГТУ МИРЭА. – 2015. – № 3 (8). Том 1. – С. 1– 9
7. Евреева О.А., Кочеткова Л.Н. Образование в контексте современного социального дискурса // Социальная политика и социология, №1(114), 2016, с. 88-98

THE ROLE OF SOCIOLOGICAL KNOWLEDGE IN MANAGEMENT TRAINING

© E. V. Sushkova
Moscow technological University, Moscow, Russia
e-mail: e-sushkova@lenta.ru

Abstract. The author of the study determined that the building management system at the enterprise management personnel cannot do without sociological knowledge. With their help, we study the complex patterns and problems of social relations in the management process. Angle of sociological knowledge management is a social process with appropriate exposure to the managed system. Sociological knowledge for modern management training is a necessary basis for process control in General.

Keywords: sociological knowledge, management skills, social technology, administrative work.

УДК 65.011.56

ВОПРОСЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА В ТЕХНИЧЕСКИХ ВУЗАХ

© В.Н. Туров
Московский технологический университет, Москва, Россия
vladimir-nt@yandex.ru

Аннотация. В работе рассматриваются примеры используемых в настоящее время средств автоматизации образовательной деятельности в технических ВУЗах на основе известных систем управления проектами, изучаются предпосылки и требования к созданию новых систем комплексной автоматизации образовательного процесса, а также предлагается архитектура соответствующей системы автоматизации, созданная в рамках данных предпосылок.

Ключевые слова. Информационные системы в образовании, автоматические системы управления, Redmine.

На сегодняшний день актуальными являются задачи по автоматизации образовательного процесса. Новая ступень общественного развития - «информационное общество» определяет многократный рост объёмов информации, необходимой для передачи в образовательном процессе, а также скорости её обновления, что приводит к росту нагрузки как на обучающихся, так и на преподавателей, особенно в технических ВУЗах.

Возросшие объёмы информации требуют обновления подходов к её обработке, хранению и анализу в течение всего процесса обучения, что также нашло отражение в новых федеральных государственных образовательных стандартах (т.н. ФГОС стандарта «3+»), вышедших в конце 2016 года (в частности, программы специалитета по специальностям 10.05.01 / 10.05.02). Указанные ФГОС, в частности, требуют наличия у ВУЗов, реализующих данные программы обучения, специализированных информационных систем для обработки, хранения и предоставления доступа к различным документам, а также организации интерактивного взаимодействия внутри коллектива участников образовательного процесса [5, 6]. Такие требования, на наш взгляд, будут иметь положительное влияние на качество образования и производительность труда педагогического коллектива. По сути, такие системы, являются аналогами автоматизированных систем управления, широко применяющихся на производстве. В работах по ком-

плексной автоматизации управления на предприятиях, отмечается многогранность такого рода задач. Например, в докладе [1] отмечены следующие важные этапы автоматизации в соответствии с системой бережливого производства «Toyota Production System» [4]:

1. Внедрение методики «5С» — системы рационализации рабочего места:

- сортировка (организация / приоритизация);
- соблюдение порядка (систематизация);
- содержание в чистоте (не мешать себе и другим побочными результатами своей работы);
- стандартизация (согласование общих правил работы);
- самодисциплина (формирование привычки изначально выполнять вышеописанный порядок с целью минимизации усилий).

2. Внедрение TPM – регламентация, планирование и систематизация отчётов о текущем состоянии оборудования, используемого в работе и его техническом обслуживании.

3. Организация визуализации процессов:

- сделать проблемы явными;
- пребывать в контакте с реальностью (он-лайн);
- использовать для анализа методики «5М» (оборудование, сотрудники, материал, метод работы, измерения);
- размещать стандарты на рабочих местах;
- устанавливать цели.

4. Стандартизация процессов;

5. Построение системы менеджмента качества;

6. Создание системы сбора и внедрения предложений.

Внедрение автоматизированных систем способно поддержать такие мероприятия (пп. 1-6), если система будет корректно спроектирована.

До настоящего времени в различных образовательных учреждениях для частичной автоматизации процессов применялось приложение Redmine [2, 3]. В первую очередь, продукт Redmine предназначен для управления проектами и позволяет гибко задавать настройки прав доступа, анализировать затраты времени и строить общение внутри проекта между ответственными лицами и заказчиками. За счёт этого функционала возможно реализовать автоматизацию работы в рамках постановки задач руководителем с назначением ответственных лиц, постановку задач обучающимся от преподавателей с сохранением промежуточных и итоговых материалов. Также данная система имеет возможность организации лент сообщений (новостей) с настройкой прав доступа, за счёт чего можно оповещать заин-

тересованных лиц о тех или иных событиях. Всё это позволяет организовать работу коллектива по созданию определённых документов, выдать задачу студенту с последующим он-лайн контролем.

Следует отметить, что недостатком использования готовых средств автоматизации управления проектами вообще (и Redmine в частности) является отсутствие учёта специфики образовательной деятельности. На основе данной системы затруднительно реализовать специализированные личные кабинеты. Для руководителей кафедр, факультетов, институтов система не позволяет строить отчёты по наличию документов конкретного типа (например, лабораторных практикумов для каждой из рабочих программ) или автоматически построить отчёты / выгрузить регламентные документы для предоставления в проверяющую организацию в определённом формате [2]. Также вызывает затруднения оценка зависимостей рабочих программ между собой, а также их связь с компетенциями, которые лежат в основе новых ФГОС [5, 6].

На уровне кафедр и факультетов нет возможности удобно отображать учебные материалы для обучающихся (например, по умолчанию показываемые только за текущий семестр обучения), для сотрудников сложно организовать и поддерживать централизованный архив документов, помогать формировать списки обучаемых для различных целей (например, не выполнивших в срок курсовую работу в текущем году), распределять задачи в автоматическом режиме, проводить опросы, оставлять отзывы об обучающихся и выстраивать рейтинги по определённым компетенциям. Специфический функционал, который может быть полезен преподавателю и/или обучаемому для снижения бюрократической нагрузки и затрат времени, повышения производительности за счёт автоматизации, формализации и стандартизации отдельных процессов, необходимо реализовать отдельно или использовать другие существующие системы, способные предоставить такой функционал.

Обобщая вышесказанное и учитывая рекомендации «Toyota Production System», к существенным недостаткам использования стандартных систем управления проектами при автоматизации образовательной деятельности можно отнести необходимость осуществлять большинство принципов организации бережливого производства за счёт постоянного анализа связей и контроля со стороны пользователей. Без мощной мотивации уровень контроля со стороны пользователей будет постепенно снижаться и приводить к избытку неструктурированной информации в каждом из элементов системы, потере связей и актуальности в целом. Из этого следует, что, главной задачей системы автоматизации управления в нашем случае

является построение структуры, полностью отражающей образовательную деятельность ВУЗа. Такой подход обеспечит минимальное участие человека в реализации методики «5С», система не позволит создавать документы и записи вне обозначенной структуры, а также поможет пользователям фокусироваться на профильной работе без отвлечения анализ и поддержку связей контента в системе. Кроме того, система должна накапливать и переиспользовать данные, а не требовать от пользователей всех уровней создавать все элементы заново. Например, после единоразового ввода рабочей программы определённой дисциплины с указанием всех её параметров, система автоматически будет учитывать эту рабочую программу для всех студентов, связанных с учебной группой, обучающейся по соответсвующей образовательной программе в указанный в рабочей программе семестр обучения. Преподаватели, прикреплённые к указанной дисциплине, получат автоматически сформированные списки для контроля необходимых лабораторных работ, курсовых проектов и т.д. Одной из важных задач системы автоматизации является визуализация процессов - руководители на всех уровнях процесса обучения смогут получать необходимые данные о существующем положении дел в части регламентной документации и структуры процесса, а также о назревших проблемах. Выявление узких мест «он-лайн» позволит эффективнее реагировать на вызовы и проводить анализ результативности принимаемых мер.

На основе указанных выше принципов нами создаётся автоматизированная система «Кафедра», призванная реализовать требуемый ФГОС фукнционал, заменить используемую Redmine в части контроля за задачами, выполняемыми сотрудниками кафедры, дать руководству возможность оперативной оценки загруженности сотруджников, а также создать базу для взаимодействия с обучающимися и наращивать предоставление онлайн сервисов для визуализации процесса подготовки материалов и обучения. Система основана на универсальном фреймворке на языке PHP, обладающим шировким функционалом по построению веб-ресурсов, имеющим интерфейсы к широко используемым современным СУБД (MySQL, SQLite, PostgreSQL, Oracle, MS SQL и др.). Фреймворк позволяет создавать структуру обрабатываемых объектов путём описания типов данных (строка, текст, файл, дата/время, число, флаг, порядок, дерево выбора и др.) и связей между ними в конфигурации веб-ресурса, автоматически создавая соответствующую структуру базы данных и предоставляя графический интерфейс для управления объектами с соответствующим данными.

Ниже приведём описание разработанных к настоящему времени модулей системы, которые реализуют требуемый функционал:

1. Модуль "Пользователи", реализует создание/изменение/удаление

- учётных записей пользователей
- информации о группах обучения
- информации о профилях обучающихся / профили преподавателей и привязке их к учётным записям пользователей
- задач выданных одним пользователям другими пользователями в соответствии с правилами системы, в том числе заданий на выполнение лабораторных работ, курсовых и дипломных проектов с указанием сроков и возможностью прикрепления документов и комментариев

Кроме этого модуль обеспечивает функционал отрисовки страниц и форм регистрации / подтверждения адреса электронной почты / восстановления пароля / входа и страниц личного кабинета.

2. Модуль "Архив", реализует создание/изменение/удаление информации

- об образовательных программах
- о компетенциях
- о дисциплинах
- о рабочих программах
- о календарных графиках и семестровых планах по дисциплинам
- о документах кафедры

Также модуль реализует функционал по выдаче документов в зависимости от уровня доступа, построения отчётов и регламентных документов (справок МТО, отчётов по рабочим программам и др.), позволяет производить импорт учебного плана - автоматический разбор учебных планов формата Excel (формат определяется существующим методом получения результирующих учебных планов).

3. Модуль "Структура" обеспечивает создание/изменение/удаление

- информации о кафедрах (инициализация из модуля "Архив" при разборе учебных планов образовательных программ)
- статических справочников (должности / степени / звания / наименования семестров)

4. Модуль "Журналы" обеспечивает создание/изменение/удаление

- информации о наличии кадров (отпуска / командировки / больничные)
- данных о праздниках для формирования точного календаря
- информации об ответственных на определённую дату (для возможности организации дежурств или ответственных за мероприятия)

Кроме этого модуль реализует функционал по автоматическому на-

значению системой ответственных за мероприятия на основе данных о наличии кадровых ресурсов и информации об участии в мероприятиях ранее (выборка с системой "справедливых" весов)

5. Модуль "Страницы" обеспечивает создание/изменение/удаление контента веб-сайта для организации структуры портала и помощи пользователям в работе, для редактирования контента используется так называемый «WYSIWYG» редактор (при редактировании пользователь видит контент в том виде, котором он будет виден на странице), аналог MS Word, а также функционал по построению отображения контента страниц на основе настроек, выполненных пользователями

6. Модуль "Шаблоны" обеспечивает создание/изменение/удаление информации о структуре сайта и его настроках отображения и функционал по созданию структуры сайта на основе настроек, выполненных пользователями

На рис. 1-3 представлены снимки экрана для некоторых интерфейсов системы.

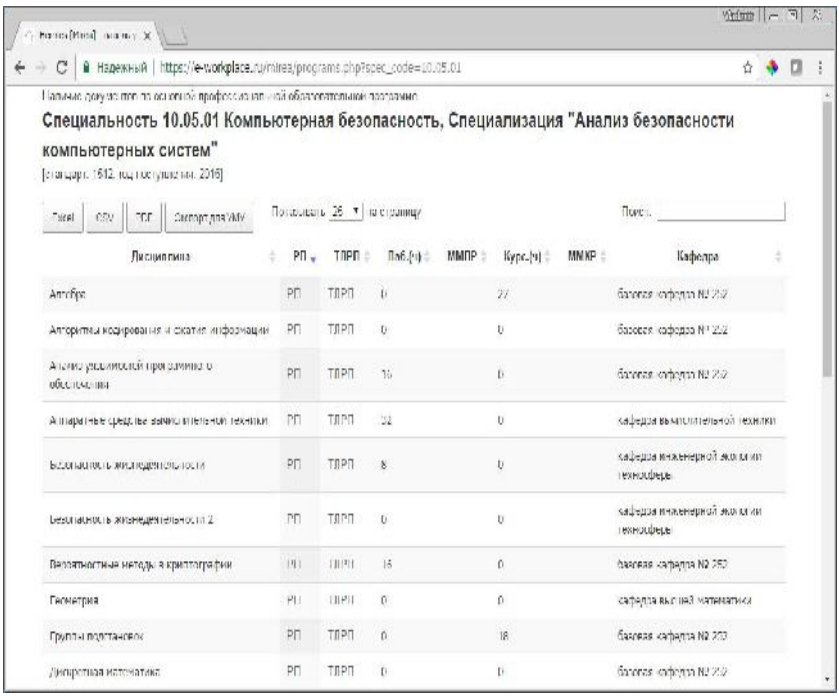


Рис.1. Интерфейс представления информации по рабочим программам

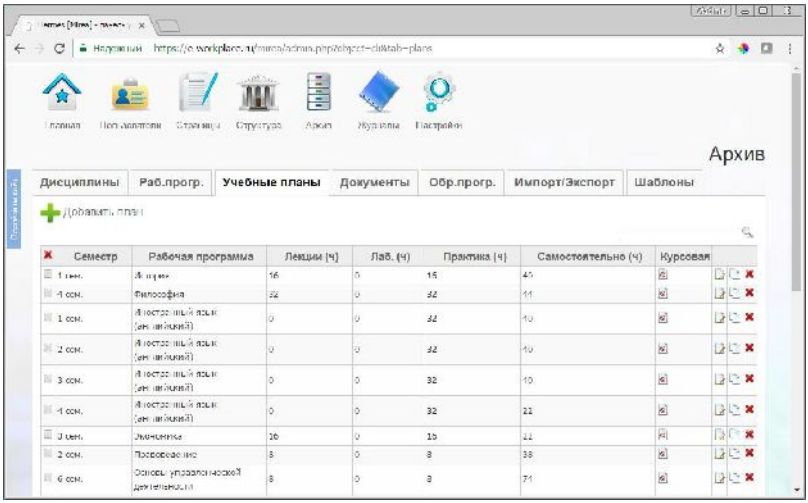


Рис.2. Панель управления – модуль «Архив», раздел «Учебные планы»

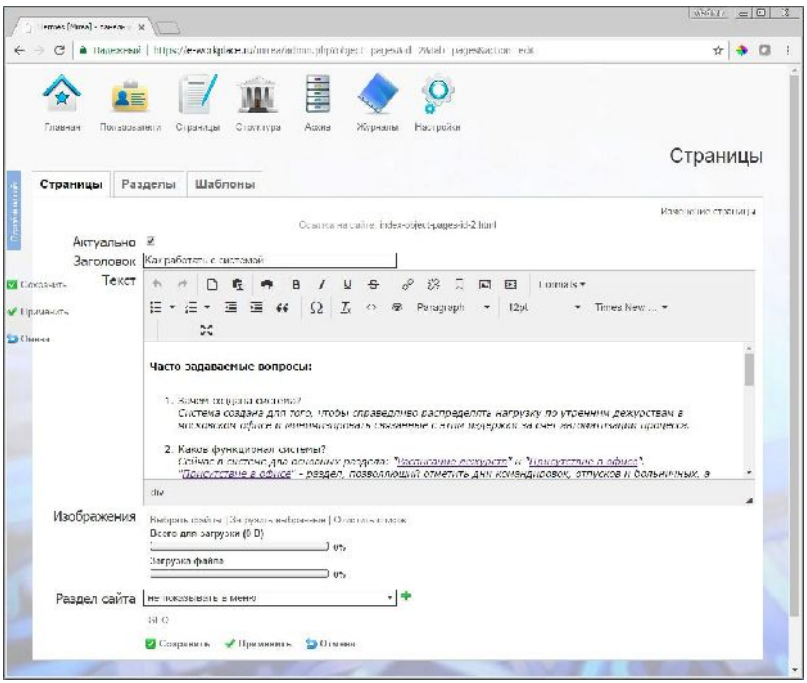


Рис.3. Панель управления – модуль «Страницы», редактирование контента

В ближайшее время в АС «Кафедра» планируется также реализовать модуль «Обучение», куда должен войти функционал по проведению онлайн тестирований, опросов, возможности выбора заданий с последующей автоматической раздачей из определённого «пула», хранение результатов работ и отзывов на них от всех участников процесса. Также в модуле «Структура» планируется создание раздела «Материалы», который позволит хранить актуальную информацию по существующей материальной базе и привязку соответствующих элементов к рабочим программам.

Кроме того, производятся доработки для предоставления полного функционала в личных кабинетах пользователей.

К факторам, которые говорят в пользу предлагаемого решения, можно отнести:

1. Гибкость, которая обеспечивается построением системы под конкретный процесс без попыток адаптации существующих средств общего назначения
2. Отсутствие потребности в выделении значительных средств на разработку / внедрение и поддержку такого решения - весь функционал может быть реализован в рамках нашей научно-исследовательской работы по построению защищённого веб-приложения за счёт использования существующих наработок
3. Данное решение в будущем может составить базу для проведения научных исследований кафедры (как база для сбора статистики и апробации подходов к построению веб-приложений)

В работе рассмотрены существующие на сегодняшний день решения по автоматизации учебного процесса, изложены предпосылки к созданию новых средств автоматизации и предложена архитектуры системы, которая в рамках реальных предпосылок сможет обеспечить снижение непрофильной нагрузки (в том числе бюрократической) на преподавательский состав ВУЗов, повышение прозрачности и интенсификацию процесса обучения, что в результате должно иметь положительный эффект для уровня подготовки выпускников ВУЗов.

Библиографический список

1. Нестеров А.В. Методология внедрения современных систем управления на производстве научно-производственного предприятия радиоэлектронной промышленности // Сборник научных трудов II-ой Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и перспективы развития радиотехнических и инфокоммуникационных сис-

тем», 2015, Часть 1, с. 61-68

2. Шурыгин А.Н., Бунова Е.В. Организация проектного управления при реализации ФЦП «Информационное сообщество» с использованием системы Redmine. // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. Вып. 1, том 14, 2014, с.73- 80.

3. Штанюк А.А. Использование системы Redmine для организации работы преподавателей ВУЗов // Международное научное издание Современные фундаментальные и прикладные исследования 2014. № 3 (14). с.36-39.

4. Джеффри Лайкер. Дао Toyota: 14 принципов менеджмента ведущей компании мира; Пер. с англ. - М.: Альпина Бизнес Букс, 2005. - 402 с.

5. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по специальности 10.05.01 “Компьютерная безопасность” (уровень специалитета) (утв. приказом Министерства образования и науки РФ от 1 декабря 2016 г. № 1512) // ГАРАНТ.РУ, URL: http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71471184/ (дата обращения: 07.04.2017)

6. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по специальности 10.05.02 “Информационная безопасность телекоммуникационных систем” (уровень специалитета) (утв. приказом Министерства образования и науки РФ от 16 ноября 2016 г. № 1426) // ГАРАНТ.РУ, URL: http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71461926/ (дата обращения: 07.04.2017)

QUESTIONS OF AUTOMATION OF EDUCATIONAL PROCESS IN TECHNICAL HIGHER EDUCATION

© V.N. Turov
Moscow Technological University, Moscow, Russia
e-mail: *Vladimir-nt@yandex.ru*

Abstract. The paper reviews a tools usually based on a project-planning systems used currently in order to automate the educational processes in the organizations implementing higher education programs. A motivation and requirements for creating complex automated solutions in replace of the existing tools are considered and an example of a system architecture is provided.

Keywords. Automated information system, information technology, Redmine, schedule.

УДК 316

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ В ИННОВАЦИОННОМ УНИВЕРСИТЕТСКОМ КЛАСТЕРЕ

© М.С. Чеканова
Московский технологический университет, Москва, Россия
e-mail: mariachekanova@yandex.ru

Аннотация. Рассмотрены направления повышения качества и конкурентоспособности образовательных программ в инновационном университете. Раскрыта роль и значение системы менеджмента качества образовательных услуг для подготовки квалифицированных кадров и продвижения имиджа образовательных организаций.

Ключевые слова. Инновационный университет, конкурентоспособность, система менеджмента качества образовательных программ, высшее образование, модернизация.

В современных условиях развития инновационной экономики главным ресурсом становится человеческий капитал, а конкурентным преимуществом – подготовка квалицированных специалистов, обладающих способностью генерировать и распространять инновации. Востребованность специалистов такого уровня определяет направления модернизации института высшего образования.

С присоединением Российской Федерации к Болонской конвенции осуществляется переход на субъектно-ориентированную методологию образования и компетентностную парадигму обучения. Можно выделить следующие факторы, определяющие трансформацию высшего образования: экспоненциальный рост знаний и информации; ускоряющийся научно-технический прогресс; увеличение доли фундаментальных профессиональных знаний и компетенций; глобализация; коммерциализация исследовательской и образовательной деятельности [1]. Данные факторы существенно влияют на систему высшего образования, основной задачей которой является передача знаний о новейших достижениях науки и техники, развитие способностей для восприятия и преобразования этих знаний, формирование умений их практического применения, а главное, овладение навыками создания и продвижения инноваций [2].

Новым направлением развития высшего образования является формирование системы опорных университетов, призванных стать конгломератами инноваций.

В условиях демографического кризиса и международных вызовов основным конкурентным преимуществом вуза становится эффективная система менеджмента качества образовательных программ.

На первый план в системе высшего образования выходят следующие направления повышения конкурентоспособности образовательных программ:

1. Активное привлечение потенциальных работодателей к разработке образовательных программ высшего образования, их обязательная общественная аккредитация, что позволяет преодолеть противоречие между образованием и потребностями рынка труда [3].

2. Использование в образовательном процессе современных информационно-коммуникационных технологий для интенсификации обучения и всестороннего раскрытия творческого потенциала обучающихся. Применение современных технологий мониторинга сформированности компетенций обучающегося.

3. Внедрение балльно-рейтинговой системы (БСР) как основного элемента менеджмента качества образования. БСР позволяет осуществлять объективный, открытый, непрерывный и дифференцированный мониторинг и контроль успеваемости обучающихся, применять различные формы текущей и промежуточной аттестации, формировать мотивацию к постоянной аудиторной и самостоятельной работе.

4. Проведение открытого конкурсного отбора на замещение должностей научно-педагогических кадров, ежегодная аттестация профессорско-преподавательского состава, внедрение эффективного контракта в системе высшего образования. Развитие института тьюторства и коучинга.

5. Создание конкурентной образовательной среды путем проведения для обучающихся и преподавателей чемпионатов профессионального мастерства.

6. Разработка фондов оценочных средств текущей, промежуточной и государственной итоговой аттестации, позволяющих осуществить комплексную оценку показателей теоретических знаний, профессиональных умений, коммуникативных навыков, уровня сформированности компетенций.

7. Формирование портфолио достижений для непрерывного и всестороннего мониторинга образовательной деятельности обучающегося.

8. Привлечение к участию в образовательной программе ведущих зарубежных и отечественных ученых и практиков. Организация мастер-классов, деловых игр и научно-практических конференций. Создание условий для активного участия обучающихся в фундаментальных и прикладных исследованиях.

Основным конкурентным преимуществом вуза в системе менеджмента качества сегодня становится интернационализация образовательных программ, которая осуществляется через механизмы формирования сетевых образовательных и научных сообществ. Формами такого партнерства являются: организация совместных образовательных программ двойного дипломирования; зарубежные стажировки и практики; международные видеоконференции и on-line мастер-классы; включение в образовательные программы модулей на иностранном языке.

Оформленный законодательно переход на новую компетентностную парадигму обучения, мощная материально-техническая база и научный по-

тенциал ведущих российских образовательных организаций открывают широкие возможности для формирования конкурентоспособных образовательных программ и продвижения имиджа российского образования на международном рынке образовательных услуг.

Таким образом, образование, нацеленное на подготовку квалифицированных кадров для экономики знаний, должно: развивать комплексное понимание принципов и механизмов инновационного развития; реализовывать принцип непрерывности, т.е. «образования через всю жизнь»; интегрироваться в инновационную деятельность через результаты научных и прикладных исследований, а также постоянно осуществлять взаимодействие с профессиональным сообществом, воспринимая и анализируя потребности современного рынка труда; стать проводником идеи конкурентных преимуществ за счет инноваций, трансформируя традиционные установки и стереотипы.

Библиографический список

1. Рахманкулова Н.Ф. Высшее образования для вступающих в общество знаний: ценности и этические регулятивы [электронный ресурс] // Alma mater (Вестник высшей школы). 2010. № 10. - С. 53-58 URL: http://elibrary.ru/item.asp?id=15271512 (Дата обращения: 09.06.2017).

2. Никитина Е.А. Междисциплинарные знания и формирование универсальных компетенций профессиональных кадров для наукоемких отраслей // Вестник МГТУ МИРЭА. 2013. № 1. С.186-191.

3. Садовникова Н.А., Рязанова А.А. Конкурентоспособность образовательных услуг вузов: проблемы и показатели оценки // Перспективы модернизации современной науки: Сборник статей Международной научно-практической конференции «Перспективы модернизации современной науки», Москва, 10 ноября 2015 г.-М.: ООО «Европейский фонд инновационного развития», 2015. - С. 84-87 URL: http://elibrary.ru/item.asp?id=24642972 (Дата обращения: 09.06.2017).

QUALITY MANAGEMENT OF EDUCATIONAL PROGRAMS IN AN INNOVATIVE UNIVERSITY CLUSTER

© M.S. Chekanova
Moscow Technological University, Moscow, Russia
e-mail: mariachekanova@yandex.ru

Abstract. The directions of improving the quality and competitiveness of educational programs in the innovative university are considered. The role and importance of the system of quality management of educational services for the training of qualified personnel and, in general, the promotion of the image of educational organizations are disclosed.

Keywords. Innovative university, competitiveness, quality management system of educational programs, higher education, modernization.

УДК 378.1

ОСОБЕННОСТИ РЫНКА ТРУДА И НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ

© И.В. Шацкая
Московский технологический университет, Москва, Россия
e-mail: shatskaya@mirea.ru

Аннотация. В статье перечислены основные тенденции, определяющие современную конъюнктуру рынка труда. По мнению автора, наблюдаемые тенденции стимулируют исчерпание экстенсивных источников трудового потенциала отечественных предприятий. В качестве важнейшего условия перехода к интенсивному способу наращивания трудового потенциала автор рассматривает совершенствование системы профессиональной подготовки трудовых ресурсов.

Ключевые слова. Рынок труда, трудовой потенциал, система профессионального образования, направления совершенствования системы профессиональной подготовки.

Одним из основных условий результативности экономических преобразований в России, предусматривающих ускоренное развитие наукоемких отраслей промышленности, технологическую модернизацию и импортозамещение производственных мощностей отечественных предприятий, является качественная профессиональная подготовка трудовых ресурсов, отвечающая приоритетным государственным задачам и соответствующая требованиям научно-технического прогресса.

Спрос государства на высококвалифицированную рабочую силу, равно как и соответствующее ему совершенствование системы профессиональной подготовки трудовых ресурсов, требуют непременного учета тенденций, определяющих современную конъюнктуру рынка труда [1]:

во-первых, неизбежно возникает рост безработицы среди неквалифицированного населения или квалифицированных специалистов, невостребованных рынком труда ввиду несоответствия их профессиональных знаний и навыков заданным параметрам спроса. Поэтому требуется рациональная организация профессиональной подготовки, согласованная с вектором развития национальной экономики, предусматривающая стратегическое планирование потребности отечественных предприятий в квалифицированной рабочей силе;

во-вторых, трансформируются требования работодателей к нанимаемым работникам, что объясняется смещением предпринимательских целей от сиюминутной прибыли к долгосрочному стабильному существованию в условиях агрессивной конкурентной среды и обилия внешних факторов неопределенности, характерных для современной рыночной конъюнктуры. Основными

требованиями, выдвигаемыми работодателями, становятся адаптивность знаний работника к меняющимся условиям, а также инновационность мышления, то есть способность выдвигать предложения, выходящие за рамки должностной компетентности. Поэтому современный образовательный процесс требует продуманного сочетания качественной теоретической подготовки и технологий прикладного обучения, обеспечивающих формирование востребованных работодателями навыков;

в-третьих, растет неэффективное использование рабочей силы, вызванное не только нестабильностью производства, но и низкой эффективностью организации производства и труда. Это требует не просто привлечения к управленческим бизнес-процессам квалифицированного персонала, но и развития его профессиональных компетенций. В связи с этим особая роль должна быть отведена системе непрерывного образования, в особенности институту повышения квалификации и профессиональной переподготовки. При этом персонал, задействованный в образовательном процессе, должен соответствовать предъявляемым к нему профессиональным требованиям, а сам образовательный процесс – накапливать у учащихся реальные, а не номинальные знания и навыки;

в-четвертых, нерационально осуществляется процесс перераспределения занятых по отраслям экономики, а также естественного выбытия работающего населения старшего возраста. В результате происходит старение рабочей силы в ведущих отраслях хозяйствования и накапливается нецелесообразно высокая концентрация молодых специалистов в сферах экономики, не являющихся приоритетными для государства. В связи с этим требуется механизм, призванный регулировать трудоустройство выпускников образовательных организаций и устранить стихийное, бессистемное трудоустройство, несоответствующее потребности предприятий в квалифицированной рабочей силе и не вписывающееся в вектор развития национальной экономики.

Перечисленные тенденции вызывают опасение, так как стимулируют исчерпание экстенсивных источников трудового потенциала отечественных предприятий, провоцируя ухудшение макроэкономической ситуации. Переход к интенсивному способу наращивания трудового потенциала, который предусматривает повышение потребительной стоимости выпускаемой предприятиями продукции на основе роста производительной силы труда при его прежней массе, требует развития профессиональных навыков участников трудового процесса и накапливания ими специальных знаний, содействующих росту производительности труда и формированию у предприятий высокого конкурентного потенциала. Это обуславливает необходимость совершенствования системы профессиональной подготовки трудовых ресурсов.

Считаем, что ключевые направления совершенствования данной системы условно можно разделить на четыре группы:

стратегическое – предусматривает комплексное преобразование стратегической архитектуры системы профессиональной подготовки кадров, основой которого служит трансформация целей функционирования системы, стратегических альтернатив их достижения, стратегического видения как главного ориентира развития системы, а также ключевых компетенций, на основе которых происходит эволюция ее элементов;

функциональное – означает согласование функций системы подготовки кадров с актуальными проблемами государства, предполагает смещение центра тяжести системы с функций, которые в современных условиях теряют определяющую роль, т.к. перестают отвечать как целям самой системы, так и приоритетным потребностям государства, на функции, соответствующие стратегическим государственным интересам;

организационное – это трансформация системы знаний, умений и навыков, а также информации, которая создается и предоставляется образовательной организацией в целях удовлетворения потребностей индивида, общества и государства, способов ее предоставления и получения;

управленческое – изменение институтов, функционирующих в образовательной среде и определяющих данную среду, на основе совершенствования административно-правовой базы и институциональных реформ, закрепляющих за теми или иными участниками системы определенные права и обязанности.

Конкретными мерами совершенствования системы профессиональной подготовки трудовых ресурсов в рамках перечисленных направлений являются:

- разработка стратегии образования и, прежде всего, стратегии инженерно-технического образования, то есть документа стратегического планирования, определяющего приоритеты, цели и задачи управления образовательным процессом в России, призванного обеспечить сбалансированное развитие системы подготовки инженерных кадров. Потребность в стратегии инженерного образования вызвана острым дефицитом квалифицированных инженерных кадров, без которых невозможно достижение целей государства в области инновационного развития, импортозамещения и технологической модернизации;

- разработка государственной программы развития инженерно-технического образования, содержащей комплекс планируемых мероприятий, взаимоувязанных по срокам осуществления, задачам, исполнителям и ресурсам, и инструментов государственной политики, обеспечивающих в рамках реализации ключевых государственных функций достижение приоритетов и целей государственной политики в сфере развития системы подготовки инженерных кадров;

- обеспечение практикоориентированности образовательной подготовки: в разработке учебно-методических комплексов образовательных дисциплин должны принимать участие как преподаватели, так и представители биз-

нес-сообщества, при этом сами комплексы должны отражать не абстрактные, а реальные профессиональные компетенции, которыми необходимо овладеть учащимся с учетом потребностей рынка труда, чтобы стать квалифицированными специалистами, готовыми к работе в фактических условиях;

- создание при Министерстве образования и науки России коллегиального органа, ответственного за регулирование отношений в области сотрудничества образовательных организаций и бизнес-сообщества в сфере образования, за проработку соответствующих норм и стандартов, с тем, чтобы не допустить бессистемность и декларативность данного сотрудничества;

- разработка комплексной системы образовательного процесса, распространяющейся не только на образовательную организацию, но и на среднюю школу, а также на предприятие – потенциального работодателя для будущих выпускников. Целью данной системы должно стать создание условий: для личностного и профессионального самоопределения молодежи на основе профориентационной работы со школьниками; для осуществления соответствующей образовательной подготовки и воспитания профессиональных навыков в образовательной организации; для оценки результативности предпринятых усилий, на основе мониторинга трудоустройства выпускников и анализа оценочных индикаторов, характеризующих эффективность данной процедуры;

- концептуальный подход к управлению системой образования, в соответствии с которым должны быть представлены четкие, исключающие многозначной трактовки определения показателей: «эффективность образования», «качество образования», «результативность образования» и др. При этом следует расширить терминологию, предложив новые показатели оценки, учитывающие всю многогранность образовательной деятельности;

- создание условий для непрерывного обновления знаний, которое должно включать:

1. формирование конкурентного рынка образовательных услуг с целью развития конкурентного потенциала образовательных организаций на основе постоянного совершенствования образовательного процесса в условиях динамично меняющейся внешней среды;

2. поддержание устойчивости образовательного пространства с разветвленной сетью эффективных образовательных организаций, что должно способствовать повышению качества образования и интенсификации образовательного потенциала и требует создания условий для взаимодействия между образовательными организациями, предприятиями и прочими заинтересованными сторонами;

3. формирование системы оценки качества и эффективности непрерывного образования;

4. обеспечение прозрачности образовательной деятельности;

5. обеспечение преемственности и адаптивности образовательных

программ;

- разработка механизма обеспечения высокого качества преподавания на основе финансовой и управленческой поддержки профессорско-преподавательского состава образовательных организаций. Основу данного механизма должен составить комплекс побудительных мер, начиная от организации дополнительного профессионального образования педагогов, в том числе на реальном производстве, и заканчивая мерами, усиливающими кооперацию между преподавателями кафедры или факультета, в частности, в области проектирования и разработки учебно-методических комплексов образовательных дисциплин;

- распространение междисциплинарного подхода в образовательном процессе: современный рынок труда требует от выпускников профессиональных образовательных организаций умения сочетать комбинацию разных навыков и знаний в трудовой деятельности. Междисциплинарный подход не только обеспечивает развитие у студентов профессиональных навыков, но и создает необходимый синергетический эффект, который в будущем может стать импульсом конкурентоспособного поведения выпускников на рынке труда;

- повышение мобильности как студентов, так и профессорско-преподавательского состава, развитие партнерских отношений с другими образовательными организациями, научными учреждениями, бизнес-сообществом для обмена профессиональным опытом, развития практических навыков, интеграции образовательной деятельности с научной и инновационной и др.

Библиографический список

1. Шацкая И.В. Государственная инновационная политика и трансформация системы профессионального образования: монография. – М.: Экономика, 2017.

THE FEATURES OF LABOR MARKET AND DIRECTIONS OF VOCATIONAL TRAINING IMPROVEMENT

© I. V. Shatskaya
Moscow Technological University, Moscow, Russia
e-mail: shatskaya@mirea.ru

Abstract. The paper is dedicated to the main tendencies defining contemporary conditions of labor market. According to the author, observed tendencies stimulate exhaustion of extensive sources of labor capacity of the domestic enterprises. As the most important condition of transition to an intensive way of accumulation of labor potential the author considers improvement of system of vocational training of a manpower.

Keywords. Labor market, labor potential, system of professional education, direction of improvement of system of vocational training.

УДК-172

СОЕДИНЕНИЕ НРАВСТВЕННЫХ ЦЕННОСТЕЙ И СОВРЕМЕННОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
(на примере социального предпринимательства)

Д.И. Агапова
Московский технологический университет, Москва, Россия
e-mail: dariagapova@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена проблеме соединения нравственных ценностей и современной отечественной экономики. В статье анализируется социальное предпринимательство, через которое автор статьи рассматривает вопрос о месте моральных ценностей в экономической деятельности. Автор делает выводы о том, что популярность социального предпринимательства в России невысока, и одна из главных причин этого – низкая осведомленность граждан о данном виде деловой активности. Для развития этого направления необходимо его освещать и знакомить с ним всех людей, в особенности, молодое поколение.

Ключевые слова. Нравственные ценности, этика, общество, экономическая деятельность, бизнес, социальное предпринимательство.

Нравственные ценности и экономика. Казалось бы, что между ними общего? Нравственные ценности относятся к духовной сфере общества. Это общепринятые правила поведения, обусловленные моральными нормами.

Экономика - явление сугубо материальное, отражающее процесс товарно-денежного производства в результате взаимодействия основных хозяйствующих субъектов и выражающееся в объективных макро- и микроэкономических показателях эффективности их деятельности.

Слово «экономика» произошло от двух древнегреческих слов: «ойкос» — дом, «номос» — правило, закон. Таким образом, экономика подразумевает правила ведения хозяйства или законы хозяйствования.

Важнейшей системной ценностью экономики является хозяйственность. Хозяйствование с экономической точки зрения есть экономическая деятельность как таковая. Хозяйствование как экономическая деятельность имеет пять основных целей: фундаментальную, гуманную, социальную, экологическую и экономическую. Нас интересуют гуманная и социальная цели экономики. Что они из себя представляют?

Экономика не должна олицетворять человека со средствами производства, она не должна считать, что максимизация производимых материальных благ является её абсолютной целью. Экономика должна быть

предпосылкой существования достойного человека как личности. В этом гуманная цель экономики. Хозяйственная деятельность не должна порождать в обществе конфликты, она должна стремиться к общественному единству, - и в этом заключается социальная цель хозяйствования, имеющая несомненное нравственное значение [1].

Собственно, экономическая цель хозяйствования связана с её эффективностью. Эффективность экономики заключается в получении максимальной пользы при минимальных затратах. При реализации собственно экономической цели хозяйственная деятельность предстаёт как наиболее удалённая от нравственности. Здесь действуют экономические законы, профессиональные нормы, которым необходимо следовать субъекту хозяйства, чтобы оставаться в сфере экономики. Однако это не значит, что собственно экономическая деятельность находится вне сферы добра и зла.

Существует точка зрения, которую можно обозначить как морализаторскую, или утопическую, согласно которой в любой профессиональной экономической деятельности и связанных с нею нормах следует видеть тот или иной моральный аспект, моральную ценность. Иными словами, любая экономическая деятельность связана с определёнными нравственными ценностями, хотя и в разной степени. Всё это определяет нравственную самоценность экономики и позволяет рассматривать хозяйственность как специфическую нравственную ценность [2].

Испокон веков в сфере бизнеса существовала неписаная этика, которой придерживались все, начиная от крупных торговцев и заканчивая начинающими предпринимателями. В современном мире существует так называемая этика бизнеса, которая изучает соответствия моральных норм человека деятельности и целям деловой организации.

Этика бизнеса – это свод правил, норм, часто неписаных законов, которые должны быть путеводителем для сотрудника компании в процессе общения, принятия решений и ведения бизнес деятельности.

Социальной составляющей в этике бизнеса всегда отводилась особая роль. При этом уровень социальной ответственности может быть различным. Отличаются и подходы к ее пониманию:

1. Традиционный. Такую формулу социальной ответственности вывел один из Нобелевских лауреатов – Милтон Фридмен. Он утверждает, что задача деловых организаций (компаний) – служить своим владельцам, ведь менеджеры – это всего лишь наемный персонал. Их задача – вести бизнес в соответствии с требованиями работодателей. При этом главная цель бизнеса – это использовать все ресурсы для повышения уровня прибыли при условии, что все правила «игры» соблюдаются на 100% (то есть, исключены мошенничество и обман). И если правилами предписана социальная ответственность, то она должна выполняться.

2. Этический. Такой подход был предложен другим специалистом – профессором социологии и мастером в сфере менеджмента Питером Друкером. Суть его подхода в том, что компания несет определенную ответственность перед какой-то узкой группой лиц – «стейкхолдерами». К категории таких людей Питер относил менеджеров, учредителей, держателей акций компании, клиентов, поставщиков, профсоюзные организации, региональные сообщества, регулирующие структуры, профсоюзы сотрудников и так далее. К этой категории относились все люди, которые в той или иной степени могут влиять на компанию. На сегодняшний день такой подход социальной этики бизнеса является наиболее популярным.

3. Социально-этический. Такой вариант был сформирован еще в начале 1960-х годов. Основные «первоисточники» - Генри Минцберг, Эдгар Шайн и Курт Левин. По данной теории все руководство компании и ее работники несут полную ответственность за интересы компании и их четкое соблюдение. Суть этого подхода состоит в том, что все компании должны нести обязательства перед людьми и направлять часть заработанного капитала на улучшение общества [3].

Мне, как студентке экономического факультета и как будущему экономисту, импонирует социально-этический подход, поскольку я считаю, что жизнь демонстрирует то, что экономические мотивы предпринимательской деятельности могут органично сочетаться со стремлением приносить пользу обществу. К тому же, если каждый предприниматель, зарабатывающий крупные суммы денег, будет направлять хотя бы малую часть заработанных средств в общество, то общество будет постоянно преобразовываться, и жизнь людей будет меняться в лучшую сторону.

Итак, говоря о социальной этике в бизнесе, особое внимание следует уделить социальному предпринимательству, а конкретнее - социальному предпринимательству в России.

Под социальным предпринимательством понимается новый подход к ведению организационной деятельности, предусматривающий сочетание экономической устойчивости с социальной направленностью. Применение новых идей, инноваций и качественного менеджмента дает возможность организациям воздействовать на множество социальных проблем: от создания рабочих мест для незащищенных слоев населения и оказания услуг нуждающимся людям до решения проблем экологии [4].

Можно сказать, что такое предпринимательство сближается с некоммерческим, добровольным сектором. Я считаю, что именно социальное предпринимательство соединяет в себе нравственные ценности и экономическую направленность. Рассмотрим, как оно развито в России.

По данным на 2016 год социальное предпринимательство в нашей стране находится на стадии становления. О нем заговорили лишь в 2000-х

годах. Целенаправленное поступательное развитие этого вида деловой активности было связано, в первую очередь, с появлением на российском рынке ряда успешных бизнесменов, стимулирующих идеи социального предпринимательства. Ведущая роль здесь принадлежит Фонду региональных социальных программ «Наше будущее» - частной некоммерческой организации, основанной в 2007 году миллиардером Вагитом Алекперовым.

Усилиями таких заинтересованных бизнесменов идеи социального предпринимательства доносятся до законодательной и исполнительной властей, бизнес-сообщества, общества в целом и потенциальных социальных предпринимателей, что постепенно создаёт, оформляет и структурирует эту область. Но несмотря на усилия организаторов этой сферы, популярность социального предпринимательства в России остаётся низкой. Лишь 1% российских предпринимателей занимаются социальным бизнесом.

Каковы же причины низкой популярности социального предпринимательства в России? Основные причины - это слабая проработка теоретической базы, общая несформированность класса традиционных предпринимателей, из числа которых впоследствии и должны выделиться представители социального бизнеса. А также недостаток реальной поддержки на федеральном уровне и полное отсутствие законодательной базы, что еще больше тормозит прогресс в данной области.

В заключение хотелось бы отметить, что социальное предпринимательство в России испытывает проблему недостаточной поддержки со стороны государства. Несмотря на это, существует ряд устойчивых проектов, в основном в областях фермерского хозяйства, поддержки инвалидов, пожилых людей и выпускников детских домов, возрождения народных промыслов, местного туризма. Однако, они пока не могут похвастаться безусловной успешностью и масштабами деятельности.

Также следует отметить, что целые проблемные области первостепенной важности, такие как наркомания, алкоголизм, безработица, общий низкий бытовой уровень жизни, коррупция и бюрократия, остаются пока без внимания российских социальных предпринимателей.

Таким образом, мы видим, что в нашей стране социальное предпринимательство развито недостаточно хорошо хотя бы потому, что о нем осведомлены далеко не все люди. Это говорит о том, что эту тему целесообразно изучать студентам экономических специальностей (и не только), чтобы знакомить их с новым вектором развития экономической деятельности.

Становление и интенсивное развитие личности студента, происходящее в вузе, во многом определяют систему его отношений с миром на всю оставшуюся жизнь. Будущее - за экономикой более высокого порядка, основанной на непреходящих человеческих ценностях: порядочности, честности, справедливости, доброте, великодушии и пр. Только в этом слу-

чае возможен резкий импульс в экономическом развитии, основанный на сочетании физических и духовных законов общества и имеющий в качестве конечной цели не только рост материального благосостояния людей, но и раскрытие их нравственного, духовного потенциала [5].

Я уверена в том, что именно по мере взросления молодого поколения предпринимателей социальное предпринимательство будет расцветать и становиться все более распространенным. Но для этого уже сейчас необходимо освещать данное направление деятельности в различных учебных курсах.

Библиографический список

1. Рих А. Хозяйственная этика. - М., 1996.
2. Матвеев П.Е. Этика. Основы хозяйственной этики: Курс лекций. Часть 2. – Владимир, 2002.
3. Этика бизнеса. - https://utmagazine.ru/posts/8545-etika-biznesa, дата обращения 23.05.2017
4. Зуева Е.Л., Ховаев С.Ю. Возможности развития института социального предпринимательства в России // ARS ADMINISTRANDI. 2015. №3. URL: http://cyberleninka.ru/article/n/vozmozhnosti-razvitiya-instituta-sotsialnogo-predprinimatelstva-v-rossii, дата обращения: 21.05.2017.
5. Швецов Ю. Г. Понятие нравственности в обществе и экономике // Проблемы учета и финансов. 2011. №2. URL: http://cyberleninka.ru/article/n/ponyatie-nravstvennosti-v-obschestve-i-ekonomike (дата обращения: 21.05.2017)

CONNECTION OF MORAL VALUES AND MODERN ECONOMIC ACTIVITY (ON THE EXAMPLE OF SOCIAL ENTERPRISE)

D.I. Agapova
Moscow Technological University, Moscow, Russia
e-mail: dariagapova@mail.ru

Abstract. The article is devoted to the problem of combining moral values and modern domestic economy. The article analyzes such phenomenon as social enterprise, through which the author of the article considers the question of the place of moral values in economic activity. The author concludes that the popularity of social entrepreneurship in Russia is low, and one of the main reasons for this is the low awareness of citizens about this type of business activity. For the development of this direction, it is necessary to cover and familiarize all people with it, but especially the younger generation.

Keywords. Moral values, ethics, society, economic activity, business, social entrepreneurship.

УДК 378.4

В. И. ВЕРНАДСКИЙ О НЕОБХОДИМОСТИ ИЗУЧЕНИЯ ИСТОРИИ НАУКИ

© В. М. Алпатова, А. Ю. Александровская
Московский технологический университет, Москва, Россия
e-mail: vika.alpatova@gmail.com, anastasia.alexandrovskaya@gmail.com

Аннотация. В статье рассмотрены основные идеи, изложенные в работе выдающегося учёного-естествоиспытателя В. И. Вернадского «Мысли о современном значении истории знаний». В докладе он уделяет большое внимание истории идей, истории науки и проблеме образования. В статье раскрывается актуальность идей В.И. Вернадского в настоящее время и обосновывается необходимость изучения истории науки в высшем учебном заведении при подготовке высококвалифицированных специалистов.

Ключевые слова. В.И. Вернадский, история науки, университетское образование, научная мысль.

Все достижения человечества в последнее время связаны с развитием науки и обусловлены научными открытиями. Жизнь современного общества в значительной мере зависит от успехов науки. В настоящее время трудно найти хотя бы одну сферу человеческой деятельности, в которой можно было бы обойтись без использования научного знания.

В современной науке, которая носит интернациональный характер, возрастает доля прикладных исследований и она, таким образом, является технонаукой, т.е. сочетает в себе научные, технические и технологические разработки. Это говорит об ускорении процесса интеграции знаний. Например, внедрение физических понятий в основы химии, в частности, в науку о строении атома, взаимодействии веществ между собой. В то же время для описания множества физико-химических процессов используют математические модели и компьютерное моделирование. Важнейшим связующим звеном между естественными науками и философией является история науки, она имеет первостепенное значение для формирования науч-

ного мировоззрения.

Университетское образование, как основная ступень при подготовке высококвалифицированных специалистов, играет огромную роль. Выпускник университета – личность, обладающая не только знаниями в своей узкоспециальной области, но и в смежных областях, а также умениями проводить сложные логические операции с целью выявления взаимосвязей в рамках решаемой задачи. Многие российские философски мыслящие ученые, такие как М.В. Ломоносов, Д.И. Менделеев и В.И. Вернадский, обращаются к проблеме образования в своих трудах.

В. И. Вернадский был учёным-естествоиспытателем, общественным деятелем и мыслителем, который внёс большой вклад в достижения науки. В своём творчестве он уделял большое внимание проблеме образования. В одной из своих работ «Мысли о современном значении истории знаний» В.И. Вернадский высказывает идеи, которые актуальны и сейчас.

Прежде всего, это все увеличивающийся интерес к истории науки и техники и необходимость ее изучения. В.И. Вернадский считал, что история науки является «одной из форм выяснения научной истины» [1, с. 250]. В особенности ее значение и роль возрастают в периоды сильных изменений научных представлений, как их ещё называют научных революций. Взрывы научного творчества, повторяющиеся через столетия, указывают на то, что повторяются периоды, когда скапливаются в одном или немногих поколениях, в одной или нескольких странах одаренные личности, и их умы меняют биосферу [2]. Подъем научного сознания на рубеже 19-20 веков по мнению В.И. Вернадского был третьим «великим поворотом мышления» [2, с. 214]. В моменты перелома научного сознания человечества открываемое новое может являться огромной духовной ценностью в жизни человека.

В.И. Вернадскому было очень важно выделить роль мысли, знаний в развитии планеты. Научная мысль направляет деятельность человека, могущественным образом меняет природу. Ученый-исследователь хода научной мысли может утверждать, что большая часть духовной работы человечества укладывается в «законы природы» - закономерности [2, с. 215]. И, таким образом, научная мысль входит в природные явления и в ней есть черты, свойственные только природным явлениям: определенная скорость движения, закономерное изменение во времени и смена периодов замира-

ния и усиления. «Научная мысль сама по себе не существует, она создаётся человеческой личностью. В мире реально существуют только личности, создающие и высказывающие научную мысль» - так писал В.И. Вернадский [2, с. 216].

В.И. Вернадский считал, что образование и воспитание не могут и не должны опираться преимущественно на естественные науки, они должны быть нацеленными на всестороннее развитие человека и на создание условий для максимального проявления индивидуальных качеств личности. Университетскому образованию Вернадский придавал особое значение. Он внёс крупный вклад в разработку вопросов назначения и задач высшей школы, анализа ее проблем и способов реформирования. В своей работе «Задачи высшего образования нашего времени» Вернадский писал, что высшее образование находится на этапе быстрого роста, который обусловливается тремя общими для всего человечества обстоятельствами: развитием знания и его научной организации, демократизацией общественной и государственной жизни и распространением единой культуры на весь земной шар [3].

В.И. Вернадский писал, что есть общие закономерности для разных областей знания - исторических и биологических наук. На каждом этапе развития выявляется биологическая основа исторического процесса. Это ясно заметно в одной из исторических наук, в истории знания и научной мысли.

Появление большого количества и сосредоточение в определенных поколениях умов, которые могут создавать переворот в научных исканиях человечества, а, следовательно, и в энергетике биосферы, не является случайностью и, как считал В.И. Вернадский «связано с глубочайшими биологическими особенностями Homo sapiens»[2, с. 222].

Мы живем в период напряженного, непрерывного созидания, темп которого всё усиливается. В такие периоды научного творчества с чрезвычайной быстротой строится и создаётся новое, часто для своего создания используя и перерабатывая до конца старое. В старом давно уже таились и подготовлялись элементы нового. Это образ созидания нового и сохранения ранее достигнутого. Например, один из наиболее популярных в 21 веке изобретателей – Илон Маск - свои идеи, предложенные на данный момент, заимствовал из ранних работ

ученых 20 и 19 века.

Таким образом, история науки сравнительно молодая наука. Она является сокровищницей идей в любой области техники. История науки приводит к введению в человеческое сознание нового. Постепенно благодаря усилиям ученых из различных стран мира она превратилась в самостоятельную дисциплину. Идеи В.И. Вернадского являются важными сейчас, когда история науки является отдельным разделом философского знания, необходимым для изучения при подготовке профессиональных кадров в университете.

Библиографический список

1. Вернадский В.И. Памяти академика К.М. фон Бера // В.И. Вернадский. Труды по истории науки в России. М.: Наука. – 1984, с.250-255.
2. Вернадский В.И. Мысли о современном значении истории знаний // В.И. Вернадский. Труды по истории науки в России. М.: Наука. – 1984, с.213-224.
3. Вернадский В.И. Задачи высшего образования нашего времени // Метафизика. № 4, 2014, - с.139-148.

V. I. VERNADSKY ABOUT THE NECESSITY OF STUDYING THE HISTORY OF SCIENCE

© V. Alpatova, A. Alexandrovskaya
Moscow Technological University, Moscow, Russia
e-mail: vika.alpatova@gmail.com, anastasia.alexandrovskaya@gmail.com

Abstract. In this article the main ideas, stated in the lecture "Thoughts on the Modern Significance of the History of Knowledge" by outstanding natural scientist V.I. Vernadsky, are considered. In the lecture he paid much attention to the history of ideas, the history of science and educational issue.This article shows the topicality of V.I. Vernadsky’s ideas at the present time and justifies the necessity of studying the history of science in the institutions of higher learning during the training scientific personnel.

Keywords. V. I. Vernadsky, the history of science, University Education, scientific thought.

УДК 316

ИННОВАЦИОННЫЕ ПОТЕНЦИАЛ БИОТЕХНОЛОГИЙ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

© Р.Н. Альшин
Московский технологический университет», Москва, Россия
e-mail: alshin_rn@i.home-edu.ru

Аннотация. В статье выделены основные проблемы и перспективы развития биотехнологий на примере производства и применения генно-модифицированных организмов в пищевой промышленности. Учитывая их противоречивое влияние на окружающую среду и здоровье человека, автор делает вывод о необходимости комплексного научного подхода к исследованию биотехнологий.

Ключевые слова: биотехнологии, трансгены, генетически модифицированный организм, пищевая промышленность.

Широкое распространение биотехнологий в экономически развитых странах обусловлено высоким уровнем наукоемких отраслей. Они находят применение в пищевой индустрии, сельскохозяйственном комплексе, промышленности, фармацевтической сфере, в области экологической очистки и утилизации отходов производства [1]. Ранее неизвестные средства модификации препаратов и продуктов питания дают возможность сегодня получить те биопрепараты, которые способны увеличить интенсивность биологически полезных составляющих организма.

Наиболее перспективным направлением развития биотехнологий является пищевая промышленность. Трансгены – это быстрорастущие добавки неорганического происхождения, котоыре дают возможность более чем в два раза ускорить рост и созревание любого продукта, мало задумываясь о качестве конечного результата и биологического эффекта на организм человека. В наши дни производство любого пищевого продукта на базе трансгенов стало реальностью. Еще несколько лет назад правозащитные организации выступали против применения токсических веществ при производстве пищевых добавок. Тем не менее, заводы, которые используют при производстве генетически модифицированные организмы (ГМО) только множатся с каждым днем даже в самых цивилизованных странах мира. В специальных лабораториях процесс выращивания продуктов на основе биологически опасных компонентов приобрел широкий размах [2]. Проблема безопасности при производстве продуктов народного потребления стоит особенно остро, когда многие коммерческие компании делают

все, чтобы минимизировать затраты при производстве пищевых продуктов. В пользу экономического расчета выгод и потерь уменьшается острота этических оценок, в то время как риски все более увеличиваются [3].

Большая часть продуктов неорганического происхождения проходит очень сложную процедуру сертификации на предмет вредоносности. Если какой-либо товар с содержанием ГМО ввозится на территорию Российской Федерации, то он, что немаловажно, проходит процесс легализации и проверки относительно его безопасности. На сегодняшний день биотехнологические инновации достигли настолько высокого уровня, что даже самые активные реагенты способны воздействовать как положительно, так и отрицательно на организм человека. Когда потребитель приходит в супермаркет, он сталкивается с дилеммой: какой продукт лучше всего выбрать, насколько он полезен для здоровья, совместим ли с другими органическими продуктами, не будет ли среди них «конфликта несовместимости». Как правило, продукты, содержащие ГМО, имеют более низкую стоимость по сравнению с более дорогими органическими продуктами. Но продукты ГМО не были бы настолько популярными и часто покупаемыми, если бы причиной их востребованности была только цена. На самом деле, даже дешевые неорганические продукты оказывают позитивное влияние на организм и здоровье человека, если внимательно читать инструкцию по применению продукта и соблюдать правила хранения. Например, продукты органического происхождения имеют очень ограниченный срок годности, в то время как неорганические не теряют своих свойств гораздо большее время.

Среди основных факторов, оказывающих положительный эффект на стоимость и качество неорганических продуктов можно выделить следующие:

- Быстрая селекция растений и животных, необходимая для производства продукта, а также его транспортировки до потребителя.
- Максимальное удешевление производственных процессов. К примеру, выращивание картофеля традиционными методами таит в себе опасность распространения колорадского жука. За годы противодействия колорадскому яду, жук получил значительную долю привыкания к действию пестицидов. Налицо преимущество картофеля, выращенного в условиях неорганического синтеза. На такой картофель нет никакого внешнего воздействия, а по своим потребительским качествам он превосходит оригинальный в несколько раз.
- Выращивание продуктов, которые обогащены высокой долей содержания витаминов. Лучший пример: китайский золотой рис. Наиболее питательный продукт, который используется в основном в армии Китая. Не имеет никаких побочных воздействий. Очень питателен и произведен

исключительно на основе неорганических продуктов ГМО. Не вызывает эффекта отторжения и любых негативных воздействий на организм.

- Продукты ГМО не боятся любых условий транспортировки, условий, длительности и мест хранения. А растения позволяют снимать урожай не менее трех раз в год практически в любых климатических условиях.
- Отличный способ понижения стоимости любых лекарственных препаратов. Как следствие, значительный рост продолжительности жизни населения и способствование его физической активности.
- Принципиально новый подход к лечению посредством использования препаратов на базе неорганической химии.

Однако на данный момент не все ученые единогласны относительно эффективности применения продуктов, произведенных на основе неорганического синтеза, с высокой долей концентрации генных чужеродных элементов. Некоторые из них склоняются к мнению, что употребление таких продуктов оказывает существенное влияние на организм среднестатистического человека, нанося непоправимый вред здоровью человека и даже жизнеспособности нации в целом. Именно это является основной причиной, почему до продавцов продукции и до покупателей необходимо доносить только выверенную информацию относительно безопасности на базе химико-биологических элементов [4]. Например, добавки играют активную роль при использовании их во время приготовления пищи, но представляют собой достаточно опасные реагенты, если употребить их в пищу в сыром виде. Как правило, люди, потребляющие в пищу исключительно неприродные добавки, с трудом привыкают к продуктам, которые были выращены в домашних условиях вне тепличных и лабораторных условий. В то время если человек, который с детства потребляет только «ненастоящие» продукты, то он со временем привыкает только к ним. Это, в свою очередь, вызывает патологическую реакцию и частый голод, ибо продукты на базе ГМО являются результатом сложных химических реакций, а не природного развития.

Каждый человек, который столкнулся с проблемой приобретения недоброкачественного потребительского товара, обязан сразу обращаться в Департамент защиты прав потребителей. В случае, если покупателю нанесен вред здоровью в результате действия ГМО и это доказано медицинскими показателями, то он имеет право на возмещение морального и физического вреда (если такой имел место) от компании производителя или от продавца. Данное положение официально закреплено в уставе и в правилах товароведа, а также в законодательных актах РФ. Закон РФ «О защите прав потребителей» [5] всегда на стороне потерпевшего в результате неправомерных действий со стороны про-

давца или производителя продукта. В том случае, если проданный продукт ГМО повлек болезнь потребителя, то производитель товара несет уголовную ответственность по закону.

Биотехнологии все активнее внедряются в нашу жизнь. Этот процесс будет продолжаться и дальше. В связи с этим актуализируется проблема не только контроля за производством и применением генно-модифицированных продуктов, но и возрастает необходимость комплексного научного исследования их противоречивого влияния на организм человека и окружающий его мир.

Библиографический список

1. Общероссийская общественная организация «Общество биотехнологов России им. Ю.А. Овчинникова». Электронное периодическое издание. URL: http://www.biorosinfo.ru/about/ (дата обращения: 20.05.2017).

2. Голубев, В. Н. Пищевая биотехнология / В.Н. Голубев, И.Н. Жиганов. – М.: Де Липринт, 2001. – 123 с.

3. Skorodumova O.B., Matronina L.F., Koval T.I. Anthropological Risks of the Information Society // Mediterranean Journal of Social Sciences. Vol. 6. No 3S3. May, 2015. P. 295-301.

4. РОСКАЧЕСТВО. Российская система качества. URL: http://roskachestvo.gov.ru/ (дата обращения: 20.05.2017).

5. Закон Российской Федерации «О защите прав потребителей» (в редакции Федерального закона от 9 января 1996 года N 2-ФЗ) (с изменениями на 3 июля 2016 года). URL: http://docs.cntd.ru/document/9005388 (дата обращения: 20.05.2017).

BIOTECHNOLOGICAL INNOVATIVE POTENTIAL: CHALLENGES AND OPPORTUNITIES

© R.N. Alshin
Moscow Tecnological University, Moscow, Russia
e-mail: alshin_rn@i.home-edu.ru

Abstract. The main issues and prospects for biotechnological development are indicated in the article and illustrated by production and application of the transgenic organism in food service industry. Considering their contradictory influence on the environment and human health, the author concludes about the need of an integrated scientific approach to biotechnology research.

Keywords: biotechnologies, transgenes, genetically modified organism, food service industry.

УДК 608

РОЛЬ ПАТЕНТНОГО ПРАВА В РАЗВИТИИ СОЦИАЛЬНЫХ ИННОВАЦИЙ

© А.А. Бармина, Е.П. Новикова
Московский технологический университет, Москва, Россия
e-mail: barmina.anastasiya14@gmail.com, novikovaa1997@mail.ru

Аннотация. Рассмотрена проблема патентного права в развитии социальных инноваций в России. Было выяснено, что основными проблемами являются юридическая безграмотность и низкая патентная активность российского корпоративного сектора. Были предложены основные пути решения данных проблем – повышение юридической грамотности за счет изучения защиты интеллектуальной собственности в школах и университетах, отказ от налогообложения компаний и юридических лиц, занимающихся научными исследованиями и разработками.

Ключевые слова. Патентное право, патент, инновация, социальная инновация, изобретение.

В нашей работе мы выяснили, с чем связаны проблемы развития социальных инноваций в России, какое отношение имеет к этому патентное право, почему при достаточном количестве ученых и ресурсов, казалось бы, главных факторов развития социальных инноваций, Россия отстаёт от ведущих стран по уровню внедрения инноваций, в том числе социальных, несмотря на то, что за последнее время в стране удалось выстроить систему их поддержки.

1. Связь патентного права и социальных инноваций

Для начала рассмотрим, как патентное право связано с социальными инновациями.

Патентное право – это совокупность правовых норм, устанавливающих систему охраны прав на технические решения – изобретения путем выдачи патента.

Инновация – это результат инвестирования в разработку и получение нового знания, ранее не применявшейся идеи по обновлению сфер жизни людей и последующий процесс их внедрения (производства), с фиксированным получением дополнительной ценности.

Таким образом, инновации связаны с процессом: инвестиции – разработка – процесс внедрения – получение качественного улучшения. Па-

тентное право возникает между стадией разработки и процессом внедрения изобретения.

Патентное право позволяет урегулировать правоотношения, связанные с созданием и использованием объектов интеллектуальной собственности, охраняемых патентом.

Социальные инновации – вид инноваций, новые проекты, идеи и инициативы, изобретения, направленные на улучшение жизни общества – как на уровне отдельных людей, так и на уровне государства. Следовательно, патентное право и социальные инновации также тесно связаны.

2. Проблемы социальных инноваций в России

1. Домашнее изобретательство

По данным исследования, проведенного Высшей Школой Экономики, к изобретателям можно отнести 9,6% взрослого населения России. Треть изобретателей (32,5%), правда, даже не слышали про инновации, но изобретать им это не мешает [8]. Просто большая часть их инноваций — от садового инвентаря до систем автономного энергоснабжения — предназначена для личного использования или для помощи родным и друзьям.

В пользовательских инновациях, таком «домашнем изобретательстве», основным мотивом создания изобретений является не выход на рынок и не коммерциализация, а удовлетворение собственных потребностей.

Следовательно, эти изобретатели, если и патентуют свой продукт, то не видят смысла в его дальнейшем внедрении и реализации в масштабах массового производства. При таком подходе к интеллектуальной собственности у изобретателя могут возникнуть проблемы с законом.

2. Проблема использования запатентованного изобретения/полезной модели/промышленного образца

По закону патентообладатель обязан использовать изобретение, полезную модель или промышленный образец.

Если запатентованные изобретение или промышленный образец не используются или недостаточно используются патентообладателем в течение четырех лет с даты выдачи патента, а запатентованная полезная модель в течение трех лет с даты выдачи патента, то любое лицо, желающее и готовое использовать запатентованные изобретение, полезную модель или промышленный образец может обратиться в суд за предоставлением неисключительной лицензии. Такая передача возможна при следующих условиях:

· Патентообладатель отказывается заключить лицензионный дого-

вор;

· Патентообладатель не может доказать, что неиспользование или недостаточное использование обусловлено уважительными причинами;

· Недостаточное использование или неиспользование приводит к недостаточному предложению соответствующих товаров или услуг на товарном рынке или рынке услуг.

Действие принудительной неисключительной лицензии может быть прекращено в судебном порядке.

Такой закон помогает не потерять изобретение/полезную модель/промышленный образец и реализовать его в полной мере.

Это достаточно серьезная проблема не только для патентообладателя, но и для потребителей и потенциальных спонсоров, так как без договора с патентообладателем они не имеют права на реализацию и, соответственно, использование.

3. Отрицательное общественное мнение и плохая осведомленность населения

Большая часть населения не верит, что в нашей стране можно достичь чего-либо в научной и инновационной сферах, наука не считается чем-то интересным, престижным и высокооплачиваемым. Соответственно, молодежь предпочитает не заниматься научной деятельностью, и, следовательно, наука развивается не так интенсивно, как могла бы.

4. Недобросовестные спонсоры

Большинство талантливых изобретателей, порой, боятся представить свой продукт потенциальным спонсорам или компании, нуждающейся в их изобретении. Недобросовестные спонсоры могут обмануть изобретателя, защищенного лишь патентным правом, украв его идею и начав производить почти аналогичный, но собственный продукт.

Ситуация становится совсем плачевной, когда неосведомленный о патентном праве изобретатель приходит со своими идеями к недобросовестному спонсору.

То есть проблема не в нехватке изобретателей, так как Россия – лидер по изобретательности населения, а в инвестициях в исследования и разработки этих изобретателей (а также в их юридической безграмотности). Если бы «домашние изобретатели» трудились в компании, то вопрос об обмане недобросовестными спонсорами был бы сразу же снят, однако, возникла бы проблема обмана изобретателей самой компанией. К сожалению, с изобретателями часто заключаются несправедливые договоры, по которым они не получают даже минимальные проценты с продаж их изобретений.

Данная проблема заключается в отсутствии защиты изобретателей и их прав и недоверии, отсюда вытекает проблема катастрофически низкой патентной активности российского корпоративного сектора, что проиллюстрировано на рисунке ниже (Рис. 1.) [2].

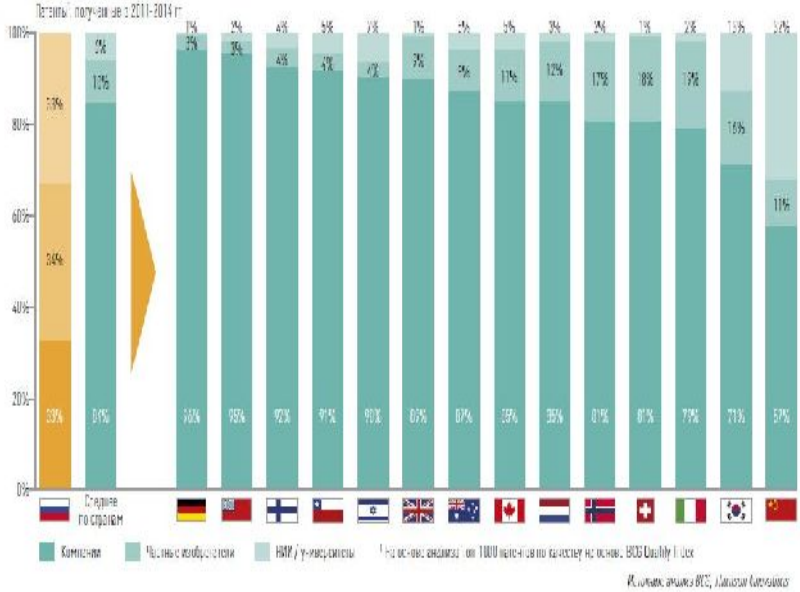


Рис. 1. Низкая патентная активность российского корпоративного сектора [2]

5. *Проблемы внедрения*

Компании, которые всё же занимаются разработкой и внедрением инноваций, сталкиваются с серьезными проблемами, такими как:

- Недостаточный объем государственного финансирования и частных инвестиций;
- Нехватка собственных средств;
- Отсутствие стратегического мышления руководителей.

3. Пути решения проблем социальных инноваций в России

а) Повышение юридической грамотности всех слоёв населения;

б) Популяризация науки среди молодежи;

в) Обеспечение защиты прав изобретателей и инвесторов на законодательном уровне;

г) Создание льготных условий для малого бизнеса, особенно, ос-

нованного на реализации инноваций;

д) Освобождение от НДС реализации научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ, связанных с усовершенствованием или созданием новой технологии;

е) Мотивирование изобретателей делится своими изобретениями и патентовать их (стоит проводить различные конкурсы на лучшее техническое решение той или иной проблемы и т.д.).

Тем не менее, социальные инновации применяются и развиваются в нашей стране, несмотря на все проблемы и препятствия, государство старается поддерживать изобретателей. Материальной поддержки одного только государства не хватает для полноценного развития социальных инноваций в России, требуется внести изменения в законодательство, обеспечить возможность и контроль частных инвестиций в развитие инноваций.

По нашему мнению, прежде всего нужно уделить особое внимание повышению юридической грамотности: в нашем случае, в области защиты интеллектуальной собственности, это то, с чего следует начать. В школах и университетах не всегда уделяется должное внимание этому предмету. Многие молодые люди уже сейчас пытаются самостоятельно добиться успеха в научной сфере, следуя примеру зарубежных и отечественных ученых, однако сталкиваются с трудностями при оформлении своих достижений. Если юридическая грамотность повысится, люди будут знать не только свои права и обязанности, но и возможности. В частности, люди, занимающиеся научными разработками, смогут не только запатентовать свое изобретение, но и заключить договор с какой-либо компанией для сотрудничества и массового производства и использования усовершенствованного или изобретенного продукта.

Изобретательство, как вид творческой деятельности, не должны облагаться налогом, это будет способствовать развитию этого направления и, соответственно, развитию всех отраслей, задействованных в создании, производстве, реализации и потреблении продукта творчества.

Библиографический список

1. Национальный доклад об инновациях в России 2015. [Электронный ресурс] 2015.Систем, требования: Adobe Acrobat Reader. URL: https://www.rvc.ru/upload/iblock/b70/NROI_RVC.pdf (дата обращения: 10.05.2017)

2. Национальный доклад об инновациях в России 2016. [Электронный ресурс] 2016. Систем, требования: Adobe Acrobat Reader. URL: https://www.rvc.ru/upload/iblock/b6d/RVK_innovation_2016_v.pdf

3. Лекция 8. Социальная инноватика и традиции общественной жизни // Studme.org : учебные материалы для студентов. [Электронный ресурс] URL: http://m.studme.org/1785080329415/sotsiologiya/aktualnye_problemy_praktiki_sotsialnoy_raboty_sotsialnogo_obrazovaniya (дата обращения: 10.05.2017)

4. Петров В. Эксперты дали свою оценку развитию инноваций в России // RG.RU: Российская газета. 2015. Дата публикации: 29.10.2015. URL: https://rg.ru/2015/10/29/innovacii-site.html (дата обращения: 10.05.2017)

5. Инновации и предпринимательство. Патентное право России. // ALLMEDIA.RU: Альянс Медиа, Российский деловой портал. [Электронный ресурс] URL: http://www.innovbusiness.ru/content/document_r_05cb8302-165c-45c9-a4c5-df6a2b65a55f.html (дата обращения: 10.05.2017)

6. Патентное право // Википедия. Дата обновления: 20.03.2107 [Электронный ресурс] URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%BF%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BE (дата обращения: 10.05.2017)

7. "Гражданский кодекс Российской Федерации (часть четвертая)" от 18.12.2006 N 230-ФЗ (ред. от 03.07.2016, с изм. от 13.12.2016) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2017).

8. Петрова Н. Смекалка внутреннего потребления // Коммерсант.ru 2016. Дата публикации: 29.08.2016. URL: https://www.kommersant.ru/doc/3058997 (дата обращения: 10.05.2017)

THE ROLE OF PATENT LAW IN THE DEVELOPMENT OF SOCIAL INNOVATIONS

© A.A. Barmina, E.P. Novikova
Moscow Technological University, Moscow, Russia
e-mail: barmina.anastasiya14@gmail.com, novikovaa1997@mail.ru

Abstract. The problem of patent law in the social innovation development in Russia is considered. It was found that the main problems are legal illiteracy and low patent activity of Russian corporate sector. The main ways of solving these problem were suggested: increasing of legal literacy through studying the protection of intellectual property in schools and universities, rejection of taxation of companies and legal entities that are engaged in research and development.

Keywords. Patent law, patent, innovation, social innovation, invention.

УДК 378.147

НУЖНО ЛИ ИЗУЧАТЬ ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ?
(на примере анализа статьи Н.А. Бердяева в сборнике «Вехи»)

© И. Баходурзода
Московский технологический университет, Москва, Россия
e-mail: ILHOMJON2596@gmail.com

Аннотация. Данная работа посвящена обзору и анализу изучения статьи русского философа XX века Н.А. Бердяева. Он приведен как пример ответа на вопрос заголовка. Рассматривается мнение студента, который демонстрирует способность анализировать такого рода работы, и делать выводы. Работа, таким образом, представляет собой пример студенческого способа мышления, и не претендует на оценку способностей студентов.

Ключевые слова. Анализ, Н.А. Бердяев, изучение, мнение студента, пример мышления.

Вопрос, вынесенный в заглавие статьи, задают почти все «технари», особенно студенты. Ответом является «да», потому, что, по крайней мере, это - требование Минобрнауки. Но посмотрим на дело с другой стороны, для начала – с прагматической. Допустим, мы бы не стали изучать гуманитарные науки. Как, в таком случае, может быть успешным выступление учёного, не умеющего грамотно выразить свою мысль, изложить проект. Ведь помимо знаний, ему нужна харизма, - чтобы убедить инвесторов. В эпоху Hi-Tech науки и технологии развиваются семимильными шагами, и только старт-апы помогают достичь небывалых высот. А старт-ап начинается не только с крутого проекта, но и с первоначальных финансов.

Правда, тогда возникает другой вопрос: зачем изучать гуманитарные науки, когда можно пройти быстрый курс выступления перед аудиторией?! Но ответом является то, что порой человеческие качества, а именно широкое мировоззрение и обаяние является ключом успеха. Всё это и могут дать гуманитарные науки, философия в том числе. Даже из изучения истории мы знаем, что все естественные науки произошли от философии, и такие великие ученые древности, как Аристотель и Авиценна, были в первую очередь философами, а затем физиками, химиками и так далее.

В качестве примера изучения философской классики мне хотелось бы предложить анализ статьи русского мыслителя Бердяева «Философская истина и интеллигентская правда» в сборнике «Вехи» [1.с.11-31].

Бердяев Николай Александрович — русский религиозный философ, родился 6 марта 1874 в Киеве, в Российской империи. Происходил из дворянской

семьи. Воспитывался и обучался сначала дома, затем в Киевском кадетском корпусе, а после на естественном факультете в Киевском Университете (но не окончил). Являлся автором рядов многих книг и статей. После революции жил в эмиграции. Скончался 23 марта 1948 году в Кламаре, Франция.

«Вехи» является сборником статей о русской интеллигенции, которые были написаны русскими философами. Впервые он был издан в 1909 году, и был четыре раза переиздан. Он получил широкий общественный резонанс, критиковался известными людьми, по большей части, писателями. В основном, в данном сборнике имеет место критика русской кружковой интеллигенции, так как по мнению философов, она не является совершенной.

В первую очередь, рассматривается само понятие «интеллигенция». Как известно, если человек образованный, как в профессиональном, так и в культурном плане, то в принципе, его можно считать частью интеллигенции. Однако всё же отмечается, что происходит разделение, раскол на русскую интеллигенцию и русскую философию (философскую интеллигенцию). Точно не понятно, кем это разделение было совершено. Но в данном докладе далее будет идти разбор статьи Бердяева, его понимания дела.

Итак, в своей статье Бердяев выделяет как интеллигенцию, представляющую чистую «философию», так и «интеллигенцию кружковую». «Интеллигенция кружковая» полагает, что философы находятся далеко от народа, от простых людей, и занятие философией ведёт к «измене народу и народному делу». И «человек, погруженный в философские проблемы, подозревается в равнодушии к интересам крестьян и рабочих» [1.с.12]. Стоит немного забежать вперёд и отметить, что Бердяев сам негативно относился к «кружковой интеллигенции». Он считал, что ее взаимная неприязнь к философам и к философии объясняется не дефектами их интеллекта, а направлением воли, принявшей в свою кровь и плоть народническое миросозерцание. Что мы видим? Бердяев считает, что интеллигенции не стоит думать о народе в предлагаемом «кружковой интеллигенцией» направлении. *Таким образом, Бердяевым дан отпор первой критике в сторону философов.*

Далее, в статье указывается, что 70-е годы – это было время, когда господствовал позитивизм, и осуждалась жажда философского просвещения, что загубило философский талант Н.К. Михайловского и других философов. С другой стороны, политический абсолютизм исказил душу передовой интеллигенции, а именно молодёжи, и она не может признать самостоятельного значения науки, философии, просвещения [1. с.13]. Но так ли это? В принципе можно сказать и так. По истории мы знаем, что, когда было отменено крепостное право, молодёжь практически не отреагировала никак на то, что произошёл переломный момент в истории страны.

В 90-е годы с появлением марксизма в России, очень повысились умственные интересы интеллигенции, молодежь начала европеизироваться, чи-

тать научные книги и знакомиться с произведениями философов-марксистов: Маркса и Энгельса, а в России – Бельтова-Плеханова, и позитивистов: Авенариуса и Маха, и их последователя в России Богданова. Бердяев пишет, что интеллигенцию не интересует теоретический и философский вопрос, истинна или ложна теория познания, например, Маха. Её интересует лишь то, благоприятна или нет эта теория идее социализма [1, с.16-17]. И опять мы видим осуждение кружковой интеллигенции Бердяевым. Он пишет, что необходимо резко отличить «десницу» и «шуйцу» в традиционной психологии интеллигенции. Но с другой стороны, возьмём логику, как основу философии. Если кто-то использует что-то для блага, то это логично. Тоже самое и с «кружковой» интеллигенцией. Если она интересуется только частью теории, то это её полное право. Я считаю, что это – право кружковой интеллигенции – разворачивать в практическую сферу философскую теорию.

Стоит также упомянуть один небольшой фрагмент статьи для комментария, где говорится о том, что Интеллигенция не могла бескорыстно отнестись к философии, потому что корыстно относилась к самой истине, требовала от истины, чтобы она стала орудием общественного переворота, народного благополучия, людского счастья. О том, что она шла на соблазн великого инквизитора, который требовал отказа от истины во имя счастья людей. Основное моральное суждение интеллигенции, таким образом, укладывается в формулу: да сгинет истина, если от гибели ее народу будет лучше житься, если люди будут счастливее; долой истину, если она стоит на пути заветного клича «долой самодержавие». Оказалось, что ложно направленное человеколюбие убивает боголюбие, так как любовь к истине, как и к красоте, как и ко всякой абсолютной ценности, есть выражение любви к Божеству. Человеколюбие это было ложным, так как не было основано на настоящем уважении к человеку, к равному и родному по Единому Отцу; оно было, с одной стороны, состраданием и жалостью к человеку из «народа», а с другой стороны, превращалось в человекопоклонство и народопоклонство. Подлинная же любовь к людям, как считал Бердяев, есть любовь не против истины и Бога, а в истине и в Боге, не жалость, отрицающая достоинство человека, а признание родного Божьего образа в каждом человеке [1, с.17-18]. Кто был прав в этом случае? Наблюдается ли человеколюбие сейчас? Да, наблюдается, но не в большой мере. И общество разделено на категории людей, которые видят свою жизнь по своему. У этих групп сформировались собственные идеологии, которые являются смесью социалистического и капиталистического образа жизни после стольких разнообразных перемен и достижений науки, техники и технологии за весь XX век и за нынешний XXI век.

Но ведь не только вражда и различия свойственны «кружковой интеллигенции» и русской философии. У них есть и общие черты. Как отметил Бердя-

ев, это жажда целостного миросозерцания, органического слияния истины и добра, знания и веры. Вражду к отвлеченному рационализму можно найти даже у академически-настроенных русских философов. Это означает, несмотря на такие отличия, общая цель практически была одна, но пути - разные.

В завершении Бердяев отмечает важную роль философии в решении данной проблемы, то есть, для усовершенствования «кружковой интеллигенции»: «Интеллигентское сознание требует радикальной реформы, и очистительный огонь философии призван сыграть в этом важном деле не малую роль... Мы освободимся от внешнего гнета лишь тогда, когда освободимся от внутреннего рабства, т.е. возложим на себя ответственность и перестанем во всем винить внешние силы. Тогда народится новая душа интеллигенции» [1, с.30].

Каков результат? История развивается так, что происходит смена власти в стране. «Кружковая» интеллигенция инициировала и поддержала её. Но затем произошло расхождение позиций внутри неё самой: часть приняла октябрьскую революцию, а часть ее не поддержала. В 1922 г происходит высылка представителей философской интеллигенции из страны. То есть, статья была написана за 10 лет до этого, однако её суть оказалась пророческой. *Выходит, что нужно следовать не «интеллигентской правде», а «философской истине».*

Но что мы видим сейчас? Всё опять изменилось. То есть ни «философская истина», ни «правда кружковой интеллигенции» не победили. Произошло очень много событий за последние 100 лет. Мировоззрение и багаж знаний у большинства людей улучшились. Но всё равно люди часто остаются недовольными. А это значит, мы видим новую развилку между новой интеллигенции и философией. Что произойдет завтра, зависит от нас самих и от нашей судьбы.

Библиографический список

1. Вехи. Из глубины. М.: Издательство «Правда», 1991. – 608 с.

IS IT WORTH TO STUDY HUMANITIES IN A TECHNICAL UNIVERSITY?

© I. Bakhodurzoda
Moscow Technological University, Moscow, Russia
e-mail: ILHOMJON2596@gmail.com

Abstract. This work is devoted to the review and analysis of the study of the article of the Russian philosopher of the twentieth century as an example to answer the question of the title. The student's opinion is considered, which can show the ability to analyze this kind of work and draws a conclusion. The work, by no means demonstrates the ability of all students, but only gives an example of thinking.

Keywords. Analysis, study, opinion of the student, an example of thinking.

УДК 378.147

ВЛИЯНИЕ ГУМАНИТАРНЫХ ДИСЦИПЛИН НА ВОСПИТАНИЕ КРЕАТИВНОСТИ СТУДЕНТОВ

© Т.С. Куцовол, И.С. Павлов
Московский технологический университет, Москва, Россия
e-mail: tratatata.com@yandex.ru

Аннотация. В статье подчёркивается необходимость гуманитарного образования в технических университетах. Авторы статьи показывают важность формирования креативности у студентов. Пример реализован на изучении истории. Чтобы процесс познания не был рутинным для студента технической специальности, автор статьи рассказывает о музейной деятельности с точки зрения информационных технологий. Более того, в статье предлагаются свои решения, которые могут появиться в музеях в ближайшее время.

Ключевые слова. Креативность, музей, современные технологии, студент, техническое образование, история, креативный класс.

Современные технические университеты ставят для себя цель развить в студентах не только навыки, касающиеся их профессии, но и дают возможность для формирования творческой стороны личности. Но стоит заметить, что результат такого образования в целом зависит от самостоятельности, способности к саморазвитию и степени креативности самого студента. В программу технических ВУЗов включены гуманитарные дисциплины, которые помогают формированию мировоззрения студента, осознанию им своего смысла жизни, своей иерархии ценностей [1]. Это, несомненно, помогает студенту и в его технической работе.

В настоящее время становится распространенным понятие «креативный класс». Отличительная черта «креативного класса» от всех остальных, по мнению Р. Флорида, заключается в том, что креативный класс зарабатывает деньги, проектируя и создавая что-то новое, и делает это с большей степенью автономии и гибкости [2]. То есть, к примеру, рабочий класс зарабатывает за счёт выполнения своего профессионального дела, согласно плану, в то время, как «креативный класс» получает деньги за свои новых

идеи и изобретения.

Исходя из определения Р. Флорида, креативный класс состоит из двух подклассов: «суперкреативное ядро» и «креативные профессионалы». Представляется, что технические профессии в области программирования и математики относятся к первому подклассу. Поэтому, представляется чрезвычайно важным формирование навыков креативности у студентов технических специальностей. Это будет способствовать их дальнейшей востребованности на рынке труда и успешности в будущем.

Важную роль в развитии креативности студента играют, как было сказано выше, гуманитарные дисциплины, которые в свою очередь знакомят его с основными тенденциями развития общества и с различными способами нестандартных решений проблем. Отсюда возникает вопрос о важности знания, например, истории.

История – это наша жизнь, которая складывалась на протяжении многих веков. Изучая историю, мы узнаем, как жили наши предки, как менялось их поведение, традиции и обычаи. Достаточно вспомнить М.М.Бахтина и его понятие «диалог культур» [3]. Т.е. для понимания человеком самого себя ему необходимо знание своей и мировой истории, т.к. истолковывая чужие тексты, вглядываясь в прошлые культуры, он учится лучше понимать свою собственную реальность.

Открытия, которые совершали учёные в прошлом, мы используем и по сей день. Если бы человечество не знало о том, что создавалось в предыдущем поколении, то мы бы не смогли сдвинуться с мертвой точки. Все бы повторялось и повторялось несколько раз, не было бы общественного прогресса. Ведь если бы когда-то не изобрели ЭВМ, то сейчас у нас не было бы компьютеров и гаджетов, не возникло бы информационных технологий, не было бы технических университетов. Важно знать хотя бы главные события в истории, чтобы у молодого поколения была возможность на основании опыта предыдущих поколений решать современные проблемы, чтобы был развит навык правильного реагирования на наш, так быстро меняющийся, мир.

Именно музей является местом, где собирают, изучают, хранят памятники истории, материальной и духовной культуры. Можно сказать, что музеи – это квинтэссенция истории. Отсюда понятно, почему музейной деятельности уделяется такое большое внимание студентов последнее время. Особенно это можно сказать про нашу страну, т.к. в настоящее время Россия находится в стадии инновационного развития, но оно не может быть

осуществлено без знания веками складывающихся отечественных традиций. О чем говорит народная поговорка «дерево без корней - трава». Поэтому музейная деятельность имеет не только просветительную, но и воспитательную направленность.

В наше время информационные технологии массово используются во многих аспектах музейной деятельности. Современный музей – уникальное место, в нем соединяются традиция и инновации.

Стал использоваться такой термин, как «виртуальный музей». Виртуальный музей предполагает использование вместо реальных экспонатов их зрительный образ. По такому принципу работают многочисленные филиалы Русского музея, расположенные как в нашей стране, так и за рубежом. Современный виртуальный музей должен быть в какой-то мере интерактивным. То есть давать возможность посетителям делать выбор виртуального экспоната и изучать его со всех сторон самостоятельно. К примеру, выбранную скульптуру можно повернуть и рассмотреть под разными углами. Иной подход реализован в Русском музее. В зале, где выставлена огромная картина И. Репина «Заседание Государственного совета», размещена гигантская плазменная панель. На нее выведена копия знаменитого полотна. Посетитель имеет возможность подойти и пальцем «кликнуть» на конкретную историческую личность, в следующее мгновение на экране появится укрупнённый портрет и статья с подробной информацией о том или ином человеке.

Все новые формы взаимодействия посетителя и музея привлекают студентов и молодое поколение. Поэтому особым вниманием подверглась входная зона современных музеев, где начинаются и заканчиваются маршруты осмотра. Ведь после того, как студент решается купить билет в музей, он в первую очередь задумывается, куда ему сначала идти, где начало выставки. Помочь начинающему экскурсанту сориентироваться в музее и грамотно выстроить свой маршрут могут экраны информационной системы. Все экраны соединены в единую локальную сеть и управляются удаленно. Если посмотреть на это с другой стороны, то студент технической специальности уже на данном этапе почувствует себя «в своей тарелке».

После того, как юный посетитель пришёл в музей, ему, конечно же, интересно узнать подробнее о каждой мелочи. В этом обычно помогает нам экскурсовод. Но мы же в современном музее. Поэтому здесь нам поможет виртуальный гид. Для этого в каждом помещении размещается какое-либо средство отображения видеоинформации (ЖК-панель, монитор,

проектор с экраном и т.п.). Там появляется анимированный гид, который рассказывает об экспонатах. К примеру, можно вспомнить виртуального гида в Сочинском художественном музее.

Но не все музеи могут позволить себе виртуального гида. Но есть решение. Аудиогид — это специальное индивидуальное аудиоустройство для воспроизведения звукового или видео контента. Студент, подходя к интересующему его экспонату, легко может узнать всю информацию именно с помощью этого маленького устройства.

Ещё более современная технология подачи информации – это приложение Smart Museum, которое студент может бесплатно установить на свой мобильный телефон или любое другое устройство, что позволит ему совершенно по-новому потреблять информацию о любом экспонате. Для этого юному посетителю необходимо навести камеру своего устройства на QR-код экспоната (аналог штрих-кода), находящийся рядом с объектом, и он сразу же услышит аудио-рассказ об экспонате, изучит информацию и увидит фотографии, видеоролики, графику, услышит музыку и т.п.

В тот момент, когда студент уже прослушал всю информацию об интересующем его экспонате, он направляется дальше. Среди обычных произведений искусства, студенту технического вуза будут бросаться в глаза какие-то инновационные решения. Ему станет интересно проверить самому, что это и как это работает. Поэтому мультимедийные проекторы и ЖК-панели интересуют его во вторую очередь. Чаще всего на них прокручивают фильмы или слайд-шоу, которые соответствуют теме выставки. Конечно, многообразие подобной техники позволяет разнообразить восприятие информации в музее. К примеру, для представления посетителям доступа к богатой коллекции фондов музея, в частности картин, которые находятся в запасниках, можно прибегнуть к использованию жидкокристаллических панелей, декорированных с помощью багетов под живописные полотна. Такие «виртуальные холсты», размещенные среди реальных картин, будут вполне естественно восприниматься посетителями. Большинство даже не заметят подмены.

Современные технологии позволяют использовать в музеях мультимедийные проекционные экраны большого масштаба, в том числе не плоские, а вогнутые, круговые, сферические и т.п. Это привлекает большое внимание. Такие технологии реализованы в Еврейском музее в Москве - огромный панорамный экран, на который с помощью шести мощных про-

екторов выводится изображения и видео, посвященный реальным историям людей, участвовавшим в Великой Отечественной войне.

В музейной деятельности все чаще применяются, так называемые голографические кубы и пирамиды. Зритель, без использования дополнительных аппаратных средств, видит перед собой объёмное изображение экспоната, которое к тому же можно переместить, потрогать или вращать вокруг вертикальной оси. Что, естественно, привлечёт студента, так как этот процесс напомнит ему о голограммах в фантастических фильмах или книгах. Невероятно эффектно использовать голографические устройства при показе скульптур, ювелирных изделий и иных маленьких объектов.

Проанализировав использование технологий в музейной деятельности, мы решили предложить своё видение и развитие этой отрасли. На самом деле, если задуматься, то можно усовершенствовать и индивидуализировать взаимодействие с экспонатами в музее. Одно из таких решений - это очки дополненной реальности. Считается, что за этой технологией будущее. Дополненная реальность сокращенно AR — Augmented reality. Эта технология позволяет увеличить область получаемой посетителем информации. Такое расширение сознания достигается за счет переноса в реальный мир цифровой информации. Специальная ПО дополнит картину, которую видит перед собой человек, необходимыми виртуальными объектами. В качестве элементов технологии дополненной реальности могут выступать видео и аудио контент, 3D-модели, а так же текстовая информация. Например, вначале экспозиции посетителям выдаются очки дополненной реальности, они ходят по музею, как обычно, но при желании могут навести свой взгляд на интересующий их экспонат и получить, благодаря очкам, дополнительную информацию. Это очень удобно и не мешает наслаждаться экскурсией.

Подведём итоги. Виртуальная реальность в музеях повышает интерес у молодого поколения, привлекает посетителей музея всех возрастов, в несколько раз повышает контакт музея со зрителем и расширяет возможности передачи и получения информации. Однако стоит не забывать, что основу музейной деятельности составляют настоящие вещи. ИКТ играют в музее вспомогательную роль, не подменяя фонды музея, но при этом помогая посетителям ориентироваться в пространстве музея и наилучшим образом знакомиться с экспонатами. Это позволяет развивать в студентах, посещающих музеи, любовь к изучению истории.

В современном обществе возрастает потребность в изучении общественных наук, ведь они позволяют прогнозировать и понимать столь быстрые изменения и трансформации человека и культуры. Главной задачей образования должна стать именно подготовка студента к возможности решению нестандартных проблем в быстро меняющемся мире, а это не может быть осуществлено без знаний веками сложившейся истории. Нельзя забывать, что в техническом образовании необходимо и гуманитарные дисциплины (история, философия, культурология, социология и политология), которые развивают навыки креативного мышления у студентов, а так же помогают будущему специалисту оставаться компетентным в течение длительного времени.

Библиографический список

1. Гладышева Е.В. Причины падения престижа инженерного образования в России и пути их преодоления // Ценности и смыслы, 2014, №3 (31), С. 109-119.
2. Флорида Р. Креативный класс: люди, которые меняют будущее – М.: Издательский дом «Классика-XXI», 2011. – 432 с.
3. Бахтин М.М. Эстетика словесного творчества. – М., Искусство, 1979. – 424 с.

INFLUENCE OF HUMANITARIAN DISCIPLINES ON THE EDUCATION OF STUDENTS 'CREATIVITY

© T.S. Kutsovol, I.S. Pavlov
Moscow Technological University, Moscow, Russia
e-mail: tratatata.com@yandex.ru

Abstract. The necessity of humanities education in technical universities is emphasized in the article. The authors also show the importance of forming the student's creativity. For example, in learning history. To show that the process of cognition isn't routine for students, the author tells about museum activity from the angle of information technologies. Moreover, you can find some offered solutions in the article which can appear in museums very soon.

Keywords. Creativity, museum, modern technologies, student, technical education, history, creative class

УДК 37.03

КРЕАТИВНОСТЬ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ КАК УСЛОВИЕ ФОРМИРОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КАДРОВ

© Л.К. Муромцева
ФГБОУ ВО «Московский технологический университет», Москва, Россия
e-mail: muromtsevalk@gmail.com

Аннотация. В статье обосновывается необходимость развития креативного потенциала современных студентов. Автор рассматривает причины, которые не способствуют развитию креативности, и выделяет пути совершенствования учебно-образовательного процесса, направленного на развитие креативного мышления.

Ключевые слова: креативность, креативное мышление, образование, образовательный процесс.

Что такое креатив? Креатив (англ. *create* – сделать, создать что-то новое или оригинальное) – это процесс создания чего-либо нового относительно субъекта, совершающего действия. Креатив может носить научный, изобретательский (инженерный, художественный и т.д.) и философский характер.

Почему креатив необходим? Креативность – важнейшая черта человека, проявляющаяся в способности творить, созидать новое. Учитывая современные тенденции общественного развития, ряд исследователей полагает, что идет процесс формирования нового креативного класса (creative class). Именно он рассматривается как ключевой фактор успешного экономического развития информационного общества. Будучи основным источником креативности, «люди представляют собой важнейший ресурс общества» [1, с. 21].

Уже в детстве, воспринимая и познавая окружающий мир, ребенок обнаруживает для себя что-то новое и оригинальное, он способен создавать абсолютно новый объект и, как правило, осуществляется это в игровой форме. Об этом писал еще Ф. Ницше, выделяя три превра-

щения человеческого духа и показывая, что только ребенок принимает мир таким, каков он есть, и может творить новые ценности в невинности и забвении, в священной бесконечной игре [2, с. 140]. Существует множество примеров, подтверждающих такое явление: создание новых слов со своеобразным смыслом, механизмов, описаний увиденного и т.д.

По мере познания мира и развития («взросления») человек теряет способность смотреть на мир с «неизведанного ему угла», с удивлением. Он становится более рациональным, практичным: побеждает логика здравого смысла. Почему же так происходит и какую роль играет образование в подавлении креатива (креативного мышления)? К сожалению, традиционная школьная система образования подавляет креативный потенциал. Знание, как правило, носит информативный характер, главное – выучить, запомнить учебный материал, чтобы потом его пересказать. Вспомним известное еще со средневековья выражение: «Повторение – мать учения». Такой подход не привлекает учащихся к исследовательской деятельности и открытию чего-то нового, не подталкивает к изменению стиля мышления, не оставляет школьникам выбора. И когда вчерашний школьник приходит в высшее учебное заведение, где уже выбора больше, он не может реализовать себя полностью, т.к. большая или малая часть креативного потенциала к тому времени пропадает. К тому же, и здесь знания носят информативный характер, студентов сложно привлечь к исследованию того или иного предмета, многим покажется неинтересным набор фактов. А ведь интерес обучающихся напрямую пропорционален их заинтересованности в предмете. Возможность творить что-то новое есть порождение интереса, а он может возникнуть там и тогда, когда преподаватель демонстрирует не только профессиональное знание дисциплины, но и неординарность, красоту, лаконичность изучаемой науки.

Иногда бытует мнение, что креативный подход исключает логические основания, однако это не так: появление новых идей, взглядов на изучаемый объект без последовательного логического поиска, анализа и отбора новых идей невозможно. Креативный подход позволяет извлечь пользу как ученику, так и учителю, а новые идеи внесут вклад в развитие науки.

Как нужно развивать креатив? Для развития и совершенствования

креативного мышления необходимо создание новой учебно-образовательной среды, разработка новых учебных методик.

Во-первых, освоение учебных дисциплин не должно носить только информативный характер, оно должно быть направлено на понимание *смысла изучаемого материала*. Осознание смысла помогает обобщить понятие объекта и искать связи между объектом с другими сферами, известными обучающемуся. Нахождение связей, в свою очередь, позволяет рассматривать данный объект по-новому.

Во-вторых, развитию креативности помогает *постановка нестандартных или измененных стандартных задач*, которая позволяет уйти от шаблонного мышления, изменить логику рассуждений или же найти несколько логических путей решения изучаемого вопроса, способствует самостоятельной постановке задач. Деятельность обучающегося приобретает исследовательский характер. Выбор направления исследований приводит к научному мышлению. Обучение такому навыку может предоставить, например, философия, т.к. философские размышления наталкивают на множество идей и вопросов, к которым человек приходит самостоятельно.

В-третьих, важной частью поддержания креативного мышления может служить окружающая обстановка (чистота, оформление учебных аудиторий и т.д.) вокруг человека, которая должна отвечать эргономическим требованиям. Обстановка может угнетать мрачными тонами или бросающейся в глаза несовершенностью, что влияет на общий настрой, а следовательно, и на способность изучать, познавать. Например, цвет стен учебных аудиторий может раздражать, а может действовать успокаивающе. Так, известно, что сочетание зеленого и желтого оказывают положительное влияние на обучаемость; желто-оранжевый свет ламп воздействует на подсознание человека гораздо благоприятнее, нежели люминесцентный белый. Если студент видит вокруг себя нечто нестандартное в окружающей предметной среде, в то же время такое, что не отталкивает его, то в таких условиях проще воображать и фантазировать.

Таким образом, главные задачи развития креативности в образовательном процесс – уход от привычного мышления, умение воспринимать явления с разных сторон, нахождение новых неординарных идей. Благодаря креативному мышлению, современный профессионал способен решать

любую проблему, проявлять творческий подход к решению задач, владеть методологией поиска нового, уметь применять знания в своей деятельности [3] и, в принципе, быть незаурядной, интересной личностью. Развитие уровня креативности современных студентов – будущих профессионалов – будет благотворно влиять на развитие интеллектуального уровня общества.

Библиографический список

1. Флорида Р. Креативный класс: люди, которые меняют будущее / пер. с англ. – М.: Издательский дом «Классика-XXI», 2011. – 432 с.

2. Ницше Ф. Так говорил Заратустра // Практикум по истории философии: учеб. пособие / ред. Г.Ф. Ручкина. – М.: МИРЭА, 2011. – 186 с.

3. Матронина Л.Ф. Качество образования как условие формирования креативного этоса профессионала // Вестник Московского городского педагогического университета. Серия: Философские науки. 2016. №2(18). С. 26-33.

4. Реут Д. В. Сладкое проклятие креативности // Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций (CASC'2001). Труды 1-й международной конференции. Москва, 11-12 октября 2001 г. N.3. – М.: Институт проблем управления РАН. С. 91-123.

CREATIVITY IN THE EDUCATIONAL PROCESS AS A CONDITION OF MODERN PROFESSIONALS' DEVELOPMENT

© L. K. Muromtseva
Moscow Technological University, Moscow, Russia
email: muromtsevalk@gmail.com

Abstract. The article explains the necessity of developing the creative potential of modern students. The author considers the difficulties of creativity development and demonstrates the ways of improving the educational process aimed at developing creative thinking.

Key words: creativity, creative thinking, education, educational process.

УДК 378.14

СОВРЕМЕННЫЕ УСЛОВИЯ ПОДГОТОВКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КАДРОВ

© М. А. Никольская
Московский технологический университет, Москва, Россия
e-mail: omashe@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены требования к метода обучения для подготовки молодых специалистов на базе ВУЗ в техническом кластере. Современные образовательные программы для школьников в технической сфере по непрерывной программе «Школа-ВУЗ». Показаны, позитивные стороны образования в ВУЗ с курирующим предприятием. Предложенные методы позволяют решать задачу по обретению опыта выпускникам технического ВУЗ, по подготовке специалистов высшего уровня в технической области, так же по профессиональной ориентации школьников на базе полного среднего образования.

Ключевые слова. Современное образование, молодой специалист, знания, профессиональные кадры, техническое образование, инженер, научная деятельность, будущая профессия.

Не секрет, что в современном обществе много внимания уделяется образованию. С детства нам родители говорят о необходимости получения высшего образования. Становясь старше, мы так же периодически пополняем «копилочку» знаний - обучаемся дополнительно на курсах, конференциях, мастер классах. Но как сделать тот самый первый шаг к высшему образованию? Как понять что это «мое»? Как сделать более эффективным обучение? В среднем, человек работает 40 часов в неделю, получается при трудовом стаже в 45 лет человек проработал около 86200 часов!! Это примерно 21% от жизни на период с 20 - 65 лет. Поэтому очень важен правильный выбор своей профессии.

В выборе профессии помогают родители, близкие, профориентационные программы, тесты. В школах специально проводятся уроки, на которые приходит психолог, ребята проходят тестирование, психолог лично объясняет им его результаты. Но немалую роль, а, точнее, глав-

ную, играют наши интересы. Кому-то нравятся точные науки: математика, физика; кто-то склонен к гуманитарным предметам: русский язык, философия. Сделав выбор, ребята поступают в высшее учебное заведение.

Однако, нередко бывает и такое, что студент считает, что ошибся в своем направлении подготовки (специальности). Почему это происходит? Причин может быть много. Например, данная профессия была не его выбором - влияние родителей, друзей. Так же возможен такой не такой уж редкий вариант: «ВУЗ находится рядом с домом». Вследствие не слишком обдуманного выбора ВУЗа растет показатель населения, работающего не по специальности. Если так, то требуется время для переподготовки его по новому направлению, что не эффективно, в том числе, для работодателя.

В том, что студент решает сменить ВУЗ, играет роль и понимание иллюзорности последующего трудоустройства. Не секрет, что существует «мода» выбирать профессию дизайнера, юриста, PR-менеджера. Мода на профессию влечет за собой дисбаланс на бирже труда.

В ходе последних изменений в сфере методов обучения, можно сказать, что для подготовки будущих специалистов прикладываются немалые усилия как со стороны преподавательского состава, так и со стороны государства.

Последние 10 лет активно развивается техническое направление с применением IT технологий. Еще буквально 10-15 лет назад не было такой базы для подготовки в сфере инноваций. Сейчас у каждого студента есть возможность заниматься научной деятельностью в своем университете, расширяя кругозор и сферу своих интересов.

Здесь важно подчеркнуть, что молодой специалист - это не только человек, получивший диплом, но и личность, готовая работать, и достигать новых вершин, успехов в избранном направлении. Не зря Дж. Сантаяна говорил: «Ребенок, получивший образование только в учебном заведении, - необразованный ребенок» [1]. Ни для кого не новость, что большой опыт работы в данном секторе - главная ценность. Но как подготовить таких специалистов?

Это непростая задача. Со школьной скамьи у будущих студентов есть возможность посещать открытые «университетские субботы» ведущих ВУЗов страны. Полезным опытом является участие в научных конференциях, исследовательских работах, семинарах. На этих мероприятиях

можно встретить людей, схожими по интересам. Так формируются команды «мозгов».

Развитие современных технологий требует высококвалифицированных специалистов, это кадры, которые имеют должное специализированное образование на базе ВУЗ и владеют современными технологиями.

Во многих московских школах формируются специализированные классы углубленного изучения отдельных предметов проектной и исследовательской деятельности. Учащимся предлагают экскурсии, конкурсы, олимпиады и др. Так же на территории Москвы и Подмосковья действует программа – «Школа-ВУЗ», благодаря которой школьники могут в старших классах уже изучать профильные предметы, и погружаться в будущую профессию.

Инженерные и рабочие профессии требуют высокого уровня компетентности. Нередко бывает, что частные компании, государственные учреждения, заинтересованные в будущих молодых специалистах, со школьного периода начинают «выращивать» одаренных талантов «под себя». Таким образом у детей из любого города России появляется возможность по окончанию школы, затем престижного ВУЗа- устроиться на работу по своей специальности.

Подготовка профессиональных кадров на современном этапе переживает ряд реформ, особенно это актуально для технических специальностей, предполагающих ориентацию на инновационные и интерактивные методы обучения. Введение этих реформ поможет решить такую проблему, с которой нередко сталкивается выпускник технического ВУЗа - недостаточный практический опыт.

Где получить опыт работы студенту-специалисту? Начиная с первого курса, у студентов технических ВУЗов вводится практика по получению первичных и профессиональных навыков. Это – практика, на который первокурсники получают первый опыт работы. Иногда эти практики проводятся на выпускающих кафедрах, реже - на производстве. На втором и более старших курсах появляется практика производственная, на которой уже сформированный студент находит прикладное применение своим теоретический знаниям, под руководством наставника. Примером таких предприятий являются: «НЦП Автоматики и приборостроения им. академика Н.А. Пилюгина», ПАО «НПО «Алмаз», АО «Концерн «Автоматика» и др.

Эффективность применения инновационных технологий напрямую зависит от сложившихся традиций, способностей педагогического коллектива; от его желания способствовать становлению будущего профессионала; а также материально технической базы учреждения - с возможностью интерактивных технологий обучения, технологий проектного обучения и компьютерных технологий. Применение IT также позволяет учитывать индивидуальные особенности обучающегося, формирует профессиональные качества специалиста.

Библиографический список

1. Дж. Сантаяна: [электронный ресурс) http://enc.biblioclub.ru/Termin/1086963_DZHORDZH_SANTAYANA__1863_%E2%80%93_1952_gg___filosof (дата обращения 05.06.2017)

2. Целевой набор МИРЭА: [электронный ресурс]http://www.priem.mirea.ru/first-degree/target/info (дата обращения 10.06.2017).

MODERN TRAINING CONDITIONS FOR PROFESSIONAL PERSONNEL

© M. A. Nikolskaya
Moscow Technological University, Moscow, Russia
e-mail: omashe@mail.ru

Annotation. The requirements of training method for young specialists on the basis of a university in a technical cluster are considered. Modern educational programs for schoolchildren in the technical field in the continuous program "School - University". The positive aspects of university education with a supervising enterprise are shown. Offered methods allow to solve problems of gaining experience for graduates of technical universities, for training highlevel specialists in the technical field, and career guidance of schoolchildren on the basis of complete secondary education.

Keywords. Modern education, young specialist, knowledge, professional staff, technical education, engineer, scientific activity, future profession.

УДК 378.162.33

АППАРАТНАЯ ЧАСТЬ ИНТЕРАКТИВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПЛАТФОРМЫ ПО МЕДИЦИНСКОЙ ЭЛЕКТРОНИКЕ

© В.А. Сенаторов, Г.О. Шляхтин, М.Н. Жуков
Московский технологический университет, Москва, Россия
E-mail: gochawowiclolka@mail.ru, gazetagong@narod.ru,
mikl.zhukov@gmail.com

Аннотация. В данном докладе рассмотрены принципы построения обучающего оборудования по медицинской электронике, системы реального времени (RTOS), модульные системы. Показана важность обучения на качественно снятых сигналах. Предложенная аппаратная разработка позволит существенно повысить качество подготовки медицинских кадров в рамках своих компетенций.

Ключевые слова. Медицинская электроника, образование, цифровая обработка сигнала, системы реального времени.

В настоящее время сфера IT индустрии быстро развивается, как и все ее основные направления, в том числе и Internet of Things. Новый виток развития IoT стал решающим в развитии носимых устройств, показав неоспоримые преимущества интернета для локальной и глобальной передачи данных на небольшие персональные устройства. Вместе с тем, начали закономерное развитие такие направления как FoodNet, HealthNet, NeuroNet и другие. Однако, если концепция интернета еды получила очень быстрое развитие, то медицинский интернет вещей не получил необходимого ускорения. На текущий момент, есть множество сервисов по предоставлению услуг вызова врача на дом, однако, на этом размах концепции HealthNet заканчивается. Большое количество интересных проектов, такие как нейроинтерфейсы, прогнозирование здоровья человека находятся лишь в стадии разработки.

Тем не менее, остается множество способов внедрить IoT, и в частности HealthNet, в жизнь, и один из них – образование. Появление интернета вещей в данной сфере поможет существенно улучшить не только качество обучения медицинских кадров за счет современного оборудования, но и уменьшить время их подготовки.

1. Концепция Internet Of Things

Сама концепция IoT подразумевает передачу данных через интернет, будь то облако, сервер, или прямая передача данных. Однако, прежде чем

получить необходимые метрики, нужно разработать аппаратную часть комплекса, ответственную за сбор, хранение и первичную обработку данных. В качестве первичного обработчика данных можно использовать любые готовые системы, которые имеют в составе микропроцессор. На рынке представлен широкий спектр данных устройств, таких как:

1. Arduino;
2. Raspberry Pi;
3. STM32Discovery (и платы, основанные на STM32);
4. Olimex и др.

Выбор микроконтроллера зависит лишь от предпочтений разработчика, однако для разработки гибкой системы необходимо наличие OS. Самой распространяемой платформой с операционной системой является Rasbperry Pi.

Однако, при работе с системой Linux (самая распространенная OS для контроллеров) возникает проблема сбора данных в режиме реального времени, т.к. данный режим в ней не поддерживается.

2. RTOS

Операционные системы реального времени являются необходимостью, когда речь заходит о сборе каких-либо ценных данных. Спецификация UNIX дает следующее определение: «Реальное время в операционных системах – это способность операционной системы обеспечить требуемый уровень сервиса в определенный промежуток времени». Идеальная RTOS имеет предсказуемое поведение при всех сценариях нагрузки, включая одновременные прерывания и выполнение потоков. Сами системы чаще всего делят на 2 типа

1. Системы жесткого реального времени;
2. Системы мягкого реального времени.

Системы жесткого реального времени не допускают задержек системы, т.к. это может привести к потере данных. Ситуация, в которой обработка событий происходит за время, большее предусмотренного, в данной системе считается фатальной ошибкой. При возникновении такой ситуации операционная система прерывает операцию и блокирует ее, чтобы, насколько это возможно, не пострадала надежность и готовность остальной части системы.

В системе мягкого времени задержка реакции считается восстановимой ошибкой, которая хоть и может привести к потере данных, однако, она не является фатальной. Основное отличие жестко и мягкой операционных систем можно описать как: система жесткого реального времени никогда не опаздывает с реакцией на события, система мягкого реального времени не должна опаздывать на события.

3. Биомедицинские сигналы

Количество биомедицинских сигналов огромно:

1. ЭКГ;
2. ЭМГ;
3. ЭЭГ;
4. Оксиметрия;
5. Пульс и т.п.

Однако существует ряд проблем, которые необходимо решать при снятии этих метрик. Прежде всего стоит знать, что, как правило, биомедицинские сигналы: нелинейные, негауссовы, нестационарные. Так же биомедицинские сигналы имеют очень малую амплитуду, так, ЭЭГ сигнал в среднем имеет амплитуду всего в 1 мкВ. Для наглядности взглянем на спектр мощности:

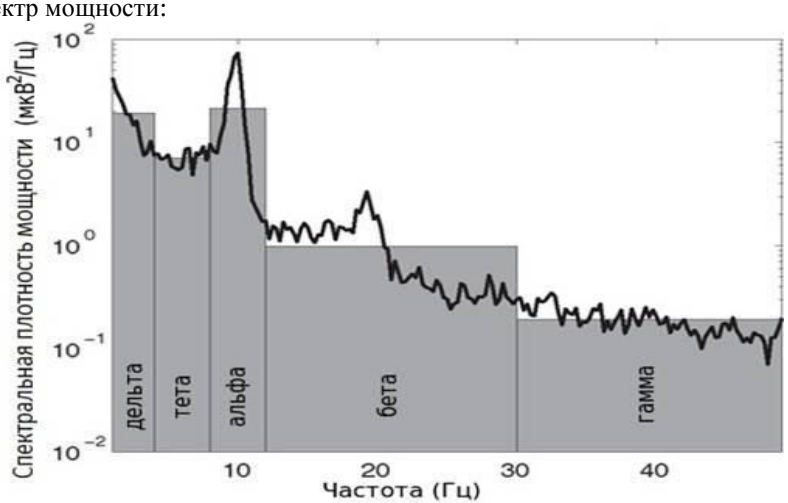


Рис. 1. Пример спектра ЭЭГ и диапазоны частот, соответствующие традиционной системе классификации ритмов.

Отсюда следует, что для снятия ЭЭГ метрики требуется суммарное усиление минимум в 10000 раз. При таком коэффициенте усиления неизбежно возникают различные помехи в канале измерения. Так же следует помнить, что человеческий организм сам по себе является источников низкочастотных шумов.

Суммируя все вышесказанное, для корректного снятия биомедицинских сигналов требуется:

1. Большое усиление в канале;
2. Фильтрация сигнала;

3. Высокая степень оцифровки.

4. Аппаратная платформа

Если рассмотреть каналы для снятия основных биомедицинских сигналов, то можно получить следующую структурную схему:

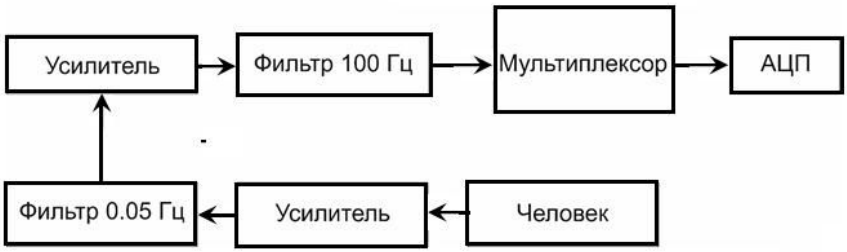


Рис. 2. Структурная схема измерения биомедицинских сигналов (ЭКГ, ЭМГ, ЭЭГ)

Однако, предложенная схема имеет всего 1 канал для измерения. В медицине обычно используют от 5-ти каналов.

Исходя из всех вышеперечисленных требований, можно составить общую структурную схему устройства:

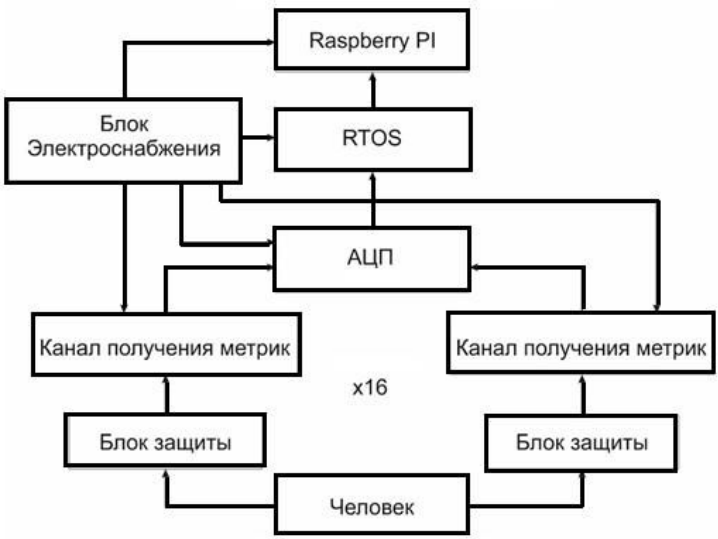


Рис. 3. Структурная схема аппаратной части устройства

Общая концепция использования платформы

Одной из основополагающих концепций данной образовательной платформы была модульность – т.е. возможность быстро переподключать различные датчики, что позволит проводить разные обучающие программы на одном и том же стенде и переключение между ними не займет много времени. Датчики подключаются через удобный и быстросъемный разъем, за счет чего дополнительных навыков для переподключения не требуется, поэтому при необходимости оператором стенда могут быть обучаемые различной квалификации.

Так же обучающий стенд подключается к локальной сети и сети интернет. За счет локальной сети возможна дистанционная настройка параметров стенда, а так же контроль преподавателем хода проведения работы в любой момент времени. Благодаря сети интернет становится возможным использование различных облачных технологий и удаленного обновления программного обеспечения и интегрированных обучающих программ образовательных стендов через основной сервер.

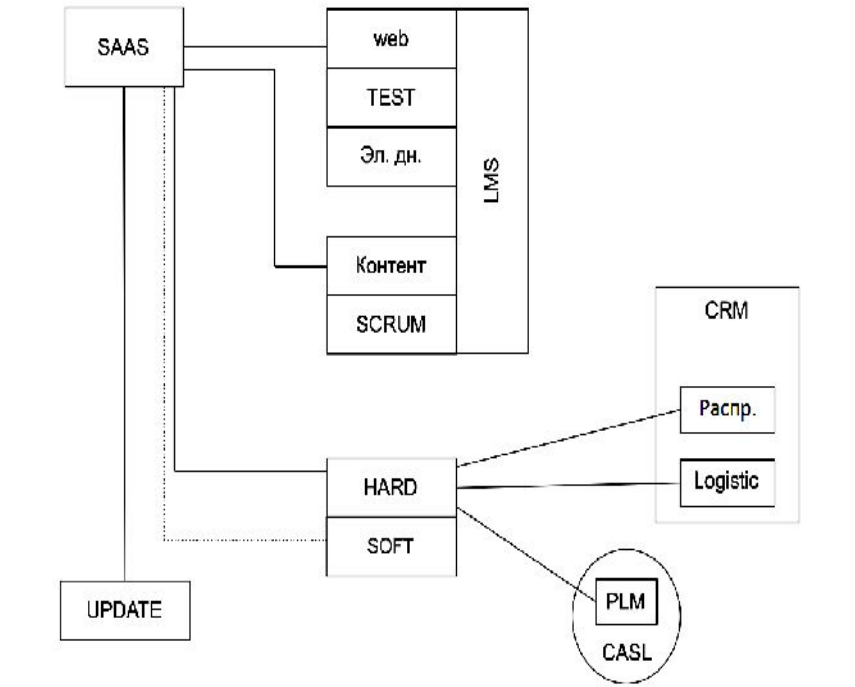


Рис. 4 – Лабораторный стенд в интеграции

Библиографический список

1. С.Э. Мурик, В.А. Семибратова, А.А. Черных. Методы регистрации электрических потенциалов в биологии и медицине – 2013, Иркутск, издательство ИГУ, 95 с. ISBN 978-5-9264-0814-9

2. Батоврин В. К., Бессонов А. С., Мошкин В. В. LabVIEW. Практикум по основам измерительных технологий. — М.: ДМК Пресс. — 2010. — 232 с. ISBN 978-5-94074-498-6

3. В.М. Строев, А.Ю. Куликов, С.В. Фролов. Проектирование измерительных медицинских приборов с микропроцессорным управлением: учебное пособие, Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. 96 с - ISBN 978-5-8265-1125-1.

4. Д.В. Дроздов, Влияние фильтрации на диагностические свойства биосигналов, ООО «Альтомедика», Москва, УДК 616.12–073.97

5. Д. Дженнингс, А. Флинт, Введение в медицинскую электронику, Little, Brown & Company, Бостон, США. 1995, 232 с, ISBN 0 34061457 9

HARDWARE OF INTERACTIVE EDUCATIONAL PLATFORM FOR MEDICAL ELECTRONICS

© Senatorov V.A., Shlyachtin G.O., Zhukov M.N.
Moscow Technological University, Moscow, Russia
E-mail: gochawowiclolka@mail.ru,
gazetagong@narod.rumikl.zhukov@gmail.com

Abstract. In this project the main task which was set was to build new flexible education platform for medical electronics. Main principle was that the platform should be modular – it will provide possibility of teaching different courses on one workstation – without long set up to switch between courses. Platform is based on single-board computer with different types of sensors, which is connected to a network. Educational platform also includes network infrastructure to control and update workstations anytime. This system helps to make educational process easier to control by teacher on each step or by system administrator, if technical help is required.

Keywords - medical electronics, education, signal processing, RTOS

УДК 378.147

ОБ АЛЬТЕРНАТИВЕ СОВРЕМЕННОЙ СИСТЕМЕ ОБРАЗОВАНИЯ

Д. В. Смирнов
Московский технологический университет, Москва, Россия
e-mail: sdvod@mail.ru

Аннотация. Рассмотрен принцип изменения взгляда на образование при подготовке профессиональных кадров в инновационном кластере. Показано, что существующая система образования нивелирует в обучающихся способность к дивергенции, тем самым уменьшая их способность мыслить нестандартно. Данная статья затрагивает важный вопрос в существующей системе образования и предлагает ряд ответов.

Ключевые слова. образование, инновационный кластер, дивергентное мышление.

В последние годы все больше людей задаётся вопросом «Нужно ли высшее образование в двадцать первом веке?». И данный вопрос вполне логичен, ведь с каждым годом мы наблюдаем, как все больше и больше людей достигают успеха без образования. Но почему так происходит? Может все дело в нашей системе образования? Или некоторые люди просто знают тайну функционирования в современном мире без образования? Давайте разберемся.

В настоящее время практически во всех странах проводится реформа системы образования. Это происходит по двум причинам. Во-первых, люди пытаются выяснить, получают ли наши дети достаточно образования, чтобы занять свое место в экономике двадцать первого века. Но как это сделать учитывая, что нельзя даже предсказать, что произойдёт в экономике через неделю?

Вторая причина - культурная, во всех странах думают, как научить детей сохранять культурную самобытность и сохранять своё культурное наследие, при этом не выпадая из процесса глобализации? Каков ответ на этот вопрос? Никто толком и не знает.

Проблема в том, что детей пытаются готовить к будущему, но старыми методами, это отталкивает миллионы детей, которые не видят смысла ходить в школу или в вуз. Раньше ученикам говорили, если поступишь в вуз, получишь диплом, то обязательно найдешь хорошую работу. Совре-

менные дети в это не верят, и правильно делают. С дипломом, конечно, лучше, чем без него, но диплом уже не даёт никаких гарантий. Особенно плохо, если для получения высшего образования приходится отказываться от важных для себя вещей. Существует мнение, что выходом может стать повышение образовательных стандартов.

Проблема в том, что существующая система образования разрабатывалась и создавалась для другой эпохи, она создавалась в условиях духовной культуры эпохи Просвещения и в экономических условиях промышленной революции. До середины девятнадцатого века государственной системы образования просто не существовало. Конечно, при создании данной системы было множество возражений. Некоторые утверждали, что большинству детей из рабочих семей государственное образование ничем не поможет, их невозможно обучить письму и чтению, поэтому не стоит тратить на них время. Эта идея легла в основу пирамиды представления о структуре общества, которая опиралась на экономические потребности того времени, и красной нитью шла так называемая “интеллектуальная модель разума”, которая по сути отражала принятое в эпоху Просвещения определение разума. Тогда считалось, что разум состоит из способности к определенному типу дедуктивного мышления и знанию классики в оригинале - это то, что сейчас называется академическими способностями.

В основе государственного образования лежит разделение людей на два типа. Интеллектуалы и не интеллектуалы, умные люди и не умные люди. В результате многие гении понятия не имеют о своих талантах, ведь их способности оцениваются на основании весьма одностороннего определения разума.

На данный момент система образования построена в интересах промышленности и по той же схеме. Приведу несколько примеров. Институты и школы до сих пор напоминают заводы. Звонки, гудки, отдельные корпуса, специализации по отдельным предметам. Дети до сих пор обучаются партиями по возрастным группам. Зачем!? С чего мы взяли, что в основе разделения должен быть возраст! Неужели наиболее важная характеристика ребенка - это год его выпуска? Каким - то детям одни предметы даются лучше, чем другие. Или им легче учиться в определенное время суток, или им лучше учиться в малых группах, чем в больших. Некоторым вообще удобно учиться индивидуально, при создании образовательной модели нужно уходить от мышления категориями промышленности, потому что в настоящее время всех пытаются «запихнуть» в определённые рамки, все более стандартизируя методы тестирования. Я считаю, что нужно двигать-

ся в противоположную сторону. Именно это я имею ввиду под изменением парадигмы образования.

Пару лет назад было опубликовано исследование на тему дивергентного мышления. Не путайте дивергентное мышление с творческим! Творчество – это процесс создания оригинальных идей, обладающих определенной ценностью. Дивергентное мышление, это не то же самое. Скорее это обязательное условие для творчества. Это способность находить множество решений определенной задачи. Особенность по-разному интерпретировать условие задачи, способность думать горизонтально. Мыслить не только линейно, но и перпендикулярно. Несколько решений лучше, чем одно.

Для примера придумайте как можно больше вариантов использования канцелярской скрепки. В общем не сложный вопрос, большинство людей смогут придумать от 10 до 15 вариантов, люди с высоким интеллектом смогут предложить около двухсот. При этом они задаются вопросом, - «Может ли скрепка быть сто метров в длину и состоять из пенопласта?» Ведь это все еще канцелярская скрепка, просто не похожая на другие.

В этом эксперименте участвовало полторы тысячи человек, он описывался в книге «Контрольная точка и дальше». Если набрать определенное количество очков в тесте, можно смело считать себя гением дивергентного мышления. Попробуйте угадать, сколько людей, прошедших тесты, стали гениями дивергентного мышления? Дам подсказку, это были дети детсадовского возраста. Угадаете, сколько процентов оказались гениями? Вряд ли, ведь по результатам теста ими оказались 98 процентов детей.

Особенность эксперимента заключалась в том, что он проводился периодически. Через пять лет те же дети прошли его повторно, в возрасте 8-10 лет. Каковы били результаты? Гениями оказались всего 54 процента, из тех же самых детей. Наконец, когда детям было по 13-15 лет эксперимент повторили еще раз, и результаты снова ухудшились. Улавливаете закономерность? Результаты оказались весьма неожиданными, по идее с возрастом человек должен показывать все более хорошие результаты, но на основе этого эксперимента можно сделать следующие выводы.

1) У всех людей есть способность к дивергенции.

2) С годами она уменьшается.

За годы в жизни этих детей многое изменилось. Одной из наиболее значительных перемен, является получение образования. В течение 10 лет им твердили, что может быть только один ответ, и он в конце

учебника. И подсмотреть его нельзя, списывать нельзя, ведь это не честно. Вообще то за пределами школы и вуза такое тоже существует, и это называется сотрудничество.

Проблема вовсе не в учителях, а в том, что так получается, само собой. Так заложено в «генах нашей системы образования». Нам нужно менять точку зрения на человеческий разум, необходимо прекращать делить людей на способных и не способных. А знания на абстрактные, теоретические и профессиональные. Такое разделение миф. Безусловно, следует признать, что наиболее эффективно обучение в группах. Сотрудничество - залог развития! Оценивая способности каждого человека в отдельности, разделяя учеников, мы создаем своего рода барьер между ними и естественной средой обучения. Также нужно менять саму культуру образования, структуру образовательных учреждений и их отношение к учащимся. Ведь в наше время скорость развития различных сфер жизни происходит с невероятной быстротой, меняются все сферы, кроме образования. Новым технологиям безумно сложно попасть в консервативную среду образования, новые методы обучения тоже отталкиваются ведь они «слишком выпадают из общего ряда. Пока это все, в большей степени, риторические вопросы, но уже пришло время дать на них адекватные ответы практическими действиями.

Библиографический список

Лэнд Дж, Джарман Б. Контрольная точка и дальше: освоение будущего сегодня – М.: Издательство «МИФ», 2014.

ALTERNATIVE OF MODERN EDUCATION SYSTEM

D.V. Smirnov
Moscow Technological University, Moscow, Russia
e-mail: sdvod@mail.ru

Abstract. The principle of changing the view of education in the training of professional personnel in an innovative cluster. It is shown that the existing system of education destroys in students the ability to think. This article affects an important issue about the current education system and suggests a number of methods to solve it.

Keywords. Changing the view of education, innovative cluster, the ability to think.

УДК 378.4

ИДЕИ М.В. ЛОМОНОСОВА О ПОЛЬЗЕ ХИМИИ И КАЧЕСТВАХ СПЕЦИАЛИСТА В ЭТОЙ ОБЛАСТИ

И. Е. Соколов
Московский технологический университет, Москва, Россия
e-mail: sokolov_iliya@yahoo.com

Аннотация. Вершиной многогранной деятельности М.В. Ломоносова является создание Московского университета. Об универсальном характере творчества великого ученого свидетельствуют открытия, в том числе, в области химических наук. Его речь «О пользе химии» посвящена значению химии в жизни человека и общества, а также рассмотрению тех качеств, которыми должен обладать специалист-химик. Многие идеи М.В. Ломоносова актуальны и в наши дни.

Ключевые слова. М.В. Ломоносов, университет, химия, специалист-химик.

Во все времена химия служит человеку в его практической деятельности. Еще в древности возникли ремесла, в основе которых лежали химические процессы: получение металла, стекла, керамики, красителей. Большую роль играет химия в современной промышленности. Химическая и нефтехимическая промышленность являются важнейшими отраслями, которые требуют подготовки профессиональных кадров. В настоящее время подготовкой специалистов высокого уровня занимается система высшего образования, одним из родоначальников которой в России является выдающийся российский ученый Михаил Васильевич Ломоносов.

«Ломоносов был великий человек… Он создал первый университет, вернее сказать, сам был первым русским университетом». Так охарактеризовал гениального русского учёного-энциклопедиста великий русский поэт А.С. Пушкин, подчеркнув его роль как учёного и просветителя. Особую роль в своей многогранной деятельности М.В. Ломоносов отводил химии как науке. Его взгляды на это выражены им самим в «Слове о пользе химии, в публичном собрании Императорской Академии наук сентября 6 дня 1751 года говоренное Михайлом Ломоносовым». Обратившись к этому тексту, можно найти удивительно актуальные идеи, характерные для развития научного знания на современном этапе.

Ломоносов впервые определил химию как науку «об изменениях,

происходящих в смешанном теле». Эту науку Ломоносов представлял себе, как химические факты, объединенные математическим способом изложения и приведенные в систему на основе представлений о строении вещества. «Бесполезны тому очи, кто желает видеть внутренность вещи, лишаясь рук к отверстию оной. Бесполезны тому руки, кто к рассмотрению открытых вещей очей не имеет» – отмечал ученый [1]. Точные опыты с чистыми веществами, с применением меры и весов, должны сопровождаться теоретическим анализом результатов. В химии он считает совершенно необходимым предварительное знакомство с теми первоначальными частичками, которые образуют все тела и от свойств которых происходят и химические свойства веществ. «Натуральные вещи рассматривая, двоякого рода свойства в них находим. Одни ясно и подробно понимаем; другие хотя ясно в уме представляем. Первые через геометрию точно размерить и через механику определить можно; при других такой подробности просто употребить нельзя: первые в телах видимых и осязаемых, другие в тончайших и от чувств наших удаленных частицах свое основание имеют» [2]. Так при самом зарождении химической науки Ломоносов, сам только начинавший свой научный путь, ясно понял, что химическая теория должна строиться на законах механики и математики. Он является зачинателем многих химических производств, автором фундаментальных законов физики и химии: закона сохранения массы вещества и закона сохранения энергии, основоположником атомно-молекулярной теории строения вещества, механической теории тепла и кинетической теории газов, создателем научных основ химической науки и новой области знаний - физической химии. Современная теоретическая химия основывается на квантовой механике, для понимания которой нужно глубокое знание математики, и тем самым воочию подтверждает правоту учения Ломоносова.

В науке, по мнению Ломоносова, теория и практика неразрывно связаны. Он отмечает: «Ныне учёные люди, а особливо испытатели натуральных вещей мало взирают на родившиеся в одной голове вымыслы и пустые речи, но больше утверждаются на достоверное в искусстве. Главнейшая часть натуральной науки, физика ныне уже только на одном оном своё основание имеет. Мысленные рассуждения произведены бывают из надёжных и много раз повторённых опытов» [3]. В этой работе Ломоносов утверждает: «Истинный химик должен быть теоретиком и практиком», он называет химию наукой, а не искусством, какой она ещё считалась в те времена. Ломоносов в противоположность этому общепринятому взгляду на химию высказывает твёрдое убеждение, что «занимающиеся одной практикой – не истинные химики».

Не будучи врачом, М.В. Ломоносов писал: «Полезнейшая роду человеческому наука есть медицина. Болезни по большей части возникают от повреждений жидких материй, образующихся в теле нашем, которых полезные и вредные перемены без химии никак испытаны быть не могут» [4]. Отсюда следует, что «медик без довольного познания химии совершенен быть не может». Причина болезней – нарушение химических процессов в организме.

С именем Ломоносова связано развитие фарфоровой, стекольной, металлургической, горнообрабатывающей промышленности. Ему первому принадлежат замечательные работы в области добычи золота. «Между художествами первое место, по моему мнению, имеет металлургия, которая учит находить и очищать металлы и другие минералы» [5]. Ломоносов первый в России создал мозаику, причём он здесь проявил не только своё искусство как художник, но прежде всего, как химик и химик-технолог. Он в своей химической лаборатории с великим упорством производит тысячи плавок для того, чтобы разработать получение цветного стекла (смальты) для мозаичных картин. Одновременно он является изобретателем красок для окрашивания стекла и фарфора. «Кто изобрести мог к долговременному и непременному пребыванию живописных вещей средства? Та же химия, которая, видя, что от строгих перемен воздуха и от лучей солнечных нежные составы ее увядают и разрушаются, сильнейшее искусства своего орудие, огонь употребила и, твердые минералы со стеклом в великом жару соединила» [6].

Ломоносов в своём «Слове о пользе химии» раскрывает важную роль в общественном прогрессе химии, указывает на ее большое практическое значение. «Широко распростирает химия руки свои в дела человеческие!» – восклицает Ломоносов. Вместе с тем он лишён ограниченности специалиста и предостерегает слушателей, чтобы они не думали, что он якобы «всечеловеческой жизни благополучие» видит в одной химии. «Имеет каждая наука равное участие в блаженстве нашем…Великое благодарение всевышнему человеческий род воздавать должен за дарованну ему к толиким знаниям способность» [7].

М.В. Ломоносов понимал науку, в качестве одной из составляющих производительных сил общества. Русский ученый возлагал большие надежды на российскую науку и предвидел времена, когда науки в родном отечестве будут двигаться вперед работами отечественных ученых. Обращаясь к творчеству М.В. Ломоносова три столетия спустя, можно сказать, что его идеи подтверждены, а заложенные им традиции продолжены в ходе общественного развития.

В настоящее время целью государственной политики в области образования является повышение доступности качественного образования в соответствии с требованиями инновационного развития экономики и современными потребностями общества. Для реализации поставленных целей необходимо решить несколько приоритетных задач, одной из которых является расширение масштабов исследовательской деятельности в высших учебных заведениях, включая поэтапное формирование научно-образовательных комплексов мирового уровня, интегрирующих передовые научные исследования и образовательные программы. Подобный синтез науки и образования позволит решить кадровые и исследовательские задачи общенациональных инновационных проектов.

Библиографический список

1. Ломоносов М.В. Избранные труды по химии и физике: «Слово о пользе химии» / М.В. Ломоносов. – М.: Изд. Ак. наук СССР, 1961. – 163 с.
2. Там же. 160 с.
3. Ломоносов М.В. Полное собрание сочинений. Т.1. Труды по физике и химии: «Волфианская экспериментальная физика» / М.В. Ломоносов. – М.: Изд. Ак. наук СССР, 1950. – 424 с.
4. Ломоносов М.В. Избранные труды по химии и физике: «Слово о пользе химии» / М.В. Ломоносов. – М.: Изд. Ак. наук СССР, 1961. – 165 с.
5. Там же. 167 с.
6. Там же. 171 с.
7. Там же. 174 с.

IDEAS OF M. V. LOMONOSOV ABOUT USE OF CHEMISTRY AND FEATURES OF SPECIALIST IN THIS AREA

I.E. Sokolov
Moscow Technological University, Moscow, Russia
e-mail: sokolov_iliya@yahoo.com

Abstract. The summit of M.V. Lomonosov's comprehensive activity is the founding of Moscow State University. The discoveries including the area of chemistry testify to universal nature of creative work of a great scientist. His speech "On use of chemistry" is devoted to the role of chemistry in the life of individual and society and also consideration of the features that a chemist must have. Many ideas of M.V. Lomonosov are topical nowadays.

Keywords. M.V. Lomonosov, University, chemistry, chemist.

УДК 378.147

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕТА И ОРГАНИЗАЦИЯ ДОСТУПНОСТИ НАУЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ В ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ

© Ветрова В.В., Гургов Б.Ш.
МИРЭА, Москва, Россия

Аннотация. В данной статье рассматривается научно-методическое и информационное обеспечение учета и организация доступности научного оборудования в ВУЗах.

Ключевые слова. Подведомственное имущество, оборудование.

Объемы и качество научных исследований, проводимых в ВУЗах при использовании различных источников финансирования в значительной степени определяются фондом наличного научного оборудования, степенью совершенства его функциональных возможностей, предоставлением метрологического обеспечения применяемых измерительных методик и возможностей своевременной поверки применяемых средств. Это связано с тем, что чисто теоретические исследования, не требующие экспериментального подтверждения, в настоящее время возможны только в малом числе естественно-научных и в общественных науках.

Большая часть естественно-научных и технических наук предусматривает эмпирическую проверку выдвигаемых теоретических гипотез. В основном это связано с приближенным характером используемых моделей, применяемых для теоретического описания явлений и процессов, являющихся объектами исследования.

Наличие необходимого научного оборудования позволяет исследовательским коллективам принимать участие в научных программах конкурсах в соответствующих областях науки и техники, гарантируя достоверность и убедительность получаемых научных результатов, позволяет предлагать свои услуги предприятиям и организациям, занятым проектированием и производством оборудования и изделий в близких областях промышленности. При этом отсутствие научного оборудования, отсутствие возможности его своевременного приобретения, заимствования или аренды превращает заявку исследователей в неубедительную, что препятствует ее продвижению.

Сложившаяся практика разделяет все оборудование, стоящее на учете на балансе ВУЗов на учебное и научное. Учебное оборудование применяется для обеспечения учебного образовательного процесса в рамках разработанных в ВУЗе программ учебных дисциплин, и зачастую, предназначено для демонстрации изучаемых устройств и явлений в любых диапазонах параметров, удобных для демонстрации. Например, при исследовании электрических сигналов, их параметры, величина, длительность, частот-

ный диапазон могут быть выбраны такими, чтобы их можно было измерять на недорогом или устаревшем оборудовании.

Отчасти по этой причине огромное число учебных лабораторий оснащены приборами и другим оборудованием, которое уже не применяется не только в научных исследованиях, но даже в промышленности. К такому оборудованию не предъявляются требования по обязательной метрологической поверке, по соответствию его фактических и паспортных технических данных.

К научному оборудованию предъявляются обязательные требования по наличию действующих метрологических сертификатов. Наличие сертификатов в большинстве ВУЗов отслеживается и учитывается в подразделениях НИЧ, не имеющих специализированной направленности. Второй формой учета научного оборудования является бухгалтерский учет, который, как правило, выполняется по отдельным подразделениям ВУЗа и не учитывает технические параметры оборудования.

Полная информация о наличии и характеристиках научного оборудования имеется только в подразделениях высшего учебного заведения, зачастую слабо связанных между собой.

Для обеспечения эффективного применения всего комплекса научного оборудования необходимо создание и применение информационного обеспечения учета и организации доступности научного оборудования в ВУЗах. Информационное обеспечение должно предусматривать соответствующее программное обеспечение, позволяющее указывать паспортные данные оборудования, период его плановой занятости, административно-управленческое руководство информационным сопровождением и планами загрузки оборудования, службы подразделений, актуализирующие информацию в доступных им разделах.

Наличие ВУЗовского информационного обеспечения учета и организации доступности научного оборудования позволяет создавать аналогичную централизованную службу, объединяющую информацию из баз данных подведомственных ВУЗов.

Министерством выстраивается система управления развитием имущественных комплексов: проведена паспортизация всех подведомственных организаций, утверждаются перечни недвижимого и особо ценного движимого имущества подведомственных организаций организован контроль за учетом и оформлением прав на федеральное имущество подведомственных организаций, включая формирование планов-графиков проведения работы в этой сфере (приказ Минобрнауки России от 25 января 2011 года №100 «Об организации работы в Министерстве образования и науки Российской Федерации по контролю исполнения подведомственными Министерству организациями требований законодательства Российской Федерации о государственной регистрации прав на недвижимое имущество и об учете федерального имущества»),

приняты основные регламенты по взаимодействию с подведомственными организациями по вопросам распоряжения федеральным имуществом, инициирована и ведется работа по разработке программ использования и развития имущественных комплексов подведомственных организаций (распоряжение Минобрнауки России от 5 октября 2011 года №Р-65 «О формировании и реализации системного подхода к управлению имуществом подведомственных Министерству образования и науки Российской Федерации»).

Однако этот комплекс мер нуждается в совершенствовании и развитии. Важнейшим средством обеспечения эффективного использования федерального имущества, закрепленного за подведомственными Министерству организациями, является обеспечение высокого качества принимаемых управленческих решений на всех уровнях, включая, в первую очередь, должностных лиц подведомственных организаций. Создание централизованной службы информационного обеспечения учета позволит создать ведомственную региональную систему аренды научного оборудования, что должно безусловно создать более эффективную структуру организации научных исследований. В настоящее время после завершения работ по научному договору приобретенное для выполнения работ оборудование часто переводится в разряд учебного для уменьшения издержек на его содержание, включая налоговые платежи, что существенно понижает статус оборудования.

Библиографический список

1. Приказ Министерства образования и науки от 18 апреля 2012 года №310 «О реализации Концепции осуществления Министерством образования и науки Российской Федерации полномочий собственника в отношении имущества подведомственных организаций (в отношении объектов движимого и недвижимого имущества)».

2. Нестеров В.Л., Конова Т.А. Оценка деятельности вузов в части материально-технического обеспечения образовательного процесса // Фундаментальные исследования. 2015. № 5-2. С. 428-432.

SCIENTIFIC-METHODICAL AND INFORMATION SUPPORT OF ACCOUNTING AND ORGANIZATION OF ACCESSIBILITY OF SCIENTIFIC EQUIPMENT IN HIGHER EDUCATIONAL INSTITUTIONS

© ***Vetrova V.V, Gurgov B.Sh.***
MIREA, Moscow

Annotation. This article examines the scientific and methodological and information support of accounting and organization of accessibility of scientific equipment in universities

Keywords. Subordinated property, equipment**.**

УДК 378.147

МЕТОДИЧЕСКОЕ, АНАЛИТИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО УРОВНЯ ОЦЕНКИ КАНДИДАТОВ НА ВАКАНТНЫЕ ДОЛЖНОСТИ

© Ветрова В.В., Гургов Б.Ш., Нефедов В.И.
МИРЭА, Москва, Россия

Аннотация. В данной статье рассматривается формы проведения конкурсных процедур для оценки профессионального уровня кандидатов на замещение вакантной должности государственной гражданской службы.

Ключевые слова. Замещение вакантной должности, трудовые отношения.

Процесс проведения конкурсных процедур для оценки профессионального уровня кандидатов на замещение вакантной должности государственной службы предусмотрен статьей 18 «Трудовые отношения, возникающие на основании трудового договора в результате избрания по конкурсу» 197-ФЗ. Трудовые отношения в результате избрания по конкурсу на замещение соответствующей должности возникают, если трудовым законодательством и иными нормативными правовыми актами, содержащими нормы трудового права, или уставом организации определены перечень должностей, подлежащих замещению по конкурсу, и порядок конкурсного избрания на эти должности.

Конкурсы в организациях Минобрнауки проводятся на замещение:

• старших, ведущих, главных и высших вакантных государственных должностей федеральной государственной службы, учреждаемых министерством или его службами в соответствии с Конституцией РФ (Указ Президента РФ от 01.02.2005 №112 "О конкурсе на замещение вакантной должности государственной гражданской службы Российской Федерации");

• всех должностей научно•педагогических работников в высшем учебном заведении, за исключением должности декана факультета и заведующего кафедрой;

• должностей научно-педагогических работников, занимаемых беременными женщинами;

• должностей научно-педагогических работников, занимаемых по трудовому договору, заключенному на неопределенный срок, женщинами, имеющими детей в возрасте до трех лет;

• должностей заведующих научными отделами, лабораториями, секторами, главных научных сотрудников, ведущих научных сотрудников, старших научных сотрудников, научных сотрудников и младших научных сотрудников научно-исследовательских учреждений (Постановление Президиума АН СССР и ВЦСПС от 14.12.1962 "Об утверждении Инструкций о порядке замещения должностей научных работников и об аттестации старших инженеров научно•исследовательских учреждений Академии наук СССР, академий наук союзных республик, отраслевых академий, высших учебных заведений, министерств и ведомств").

Конкурс объявляется на вакантные должности. Все необходимые сведения для участия в конкурсе должны содержатся в информационном сообщении, которое объявляется не позднее чем за 30 дней до указанной в нем даты проведения конкурса и включают следующие сведения:

• требования, предъявляемые к претенденту на замещение соответствующей должности;

• дата, время начала и окончания приема заявок с прилагаемыми к ним документами;

• перечень документов, подаваемых претендентами для участия в конкурсе, и требования к их оформлению;

• дата, время и место проведения конкурса с указанием времени начала работы комиссии или ученого совета для подведения итогов конкурса;

Для государственных служащих вся работа по проведению конкурса и подведению его итогов возлагается на конкурсную комиссию. Решение комиссии оформляется протоколом, который подписывается всеми членами комиссии. Для научных и педагогических работников работа по проведению конкурса согласно уставам организаций возлагается на кафедры, отделы и ученые советы организаций. С победителем конкурса работодатель заключает трудовой договор. Срок его заключения – не позднее месяца со дня объявления результатов конкурса. Все вопросы, касающиеся конкурса, определяются соответствующими положениями.

Информация о проводимых конкурсах и их условия в настоящее время, как правило, размещается в интернете на сайтах соответствующих организаций. Итоги конкурсов и списки претендентов также, как правило должны размещаться на сайтах.

Для обеспечения полноты и доступности информации для всех возможных кандидатов, получения электронных каналов связи с кандидатами необходимо информационно-техническое обеспечение конкурсных процедур с возможностью регистрации кандидатов под индивидуальными паролями.

Построение, организация и осуществление информационного обеспечения, его функционирование и эффективное использование могут быть достигнуты при соблюдении определенных принципов, наиболее важными из которых являются следующие:

• полнота информационного обеспечения; главное здесь – выбрать такую поисковую стратегию, чтобы вероятный кандидат получил информацию, соответствующую не только заданной тематике, но и его индивидуальным потребностям;

• актуальность информационного обеспечения, которая заключается в представлении кандидату соответствующей условиям, информации в кратчайшие сроки;

• точность и надежность информационного обеспечения, которые состоят в предоставлении кандидату всей необходимой информации с учетом требуемых видов оформления, глубины предоставляемой информации во времени;

• информация должна представляться в удобной для кандидата форме.

Библиографический список

Указ Президента РФ от 01.02.2005 №112 "О конкурсе на замещение вакантной должности государственной гражданской службы Российской Федерации".

METHODICAL, ANALYTICAL AND INFORMATION-TECHNICAL PROVIDING COMPETITIVE PROCEDURES FOR EVALUATION PROFESSIONAL LEVEL OF CANDIDATES FOR VACANT POSITIONSCIVIL SERVICE POSITIONS

© Vetrova V.V., Gurgov B.Sh., Nefedov V.I.
MIREA, Moscow

Annotation. This article looks at the forms of holding competitive procedures for assessing the professional level of candidates for filling a vacant civil service position

Keywords. Replacement of the vacant position, labor relations.

СЕКЦИЯ №9
МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ МЕТОДЫ В РАДИОФИЗИКЕ

УДК 517.968.7

МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО РАССЕЯНИЯ НА ТРЕХМЕРНЫХ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТРУКТУРАХ

Самохин А.Б., Устинов А.Е.
Московский технологический университет, Москва, Россия
e-mail: absamokhin@yandex.ru

Аннотация. Рассматриваются задачи рассеяния электромагнитных волн на трехмерных неоднородных диэлектрических структурах, находящихся в свободном пространстве и над идеально проводящей плоскостью. Приводятся объемные интегральные уравнения, описывающие данные классы задач. Обсуждаются эффективные методы и алгоритмы численного решения.

Ключевые слова. Электромагнитное рассеяние, диэлектрические структуры, интегральные уравнения, эффективные алгоритмы.

Рассматриваются два класса задач электродинамики: (I) среда в ограниченной трехмерной области Q характеризуется тензор функцией диэлектрической проницаемости $\hat{e}$, а вне Q среда изотропна с постоянным значением диэлектрической проницаемости e_0; (II) такая же область Q находиться вне идеально проводящей плоскостью. Требуется определить электромагнитное поле, возбуждаемое в среде внешним полем. Указанные задачи могут быть сведены к объемным сингулярным интегральным уравнениям (СИУ) относительно электрического поля в области Q.

Принимая во внимание, что ядра СИУ зависят только от разности и суммы аргументов и используя регулярную сетку для дискретизации интегральных уравнений, мы сводим СИУ к системе линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) с матрицей, имеющей соответствующие свойства симметрии. Тогда объем памяти M, требуемый для хранения матрицы СЛАУ, пропорционален размерности. Далее, используя быстрое дискретное преобразование Фурье, мы конструируем быстрые алгоритмы для умножения матрицы СЛАУ на вектор. Мы также описываем итерационные методы, которые эффективны для численного решения рассматриваемых задач, и демонстрируем некоторые численные результаты.

1. Математическая формулировка задач

Будем рассматривать два класса задач электродинамики, которые

были описаны выше. Рассматриваются стационарные электромагнитные поля, возбуждаемые внешним $\vec{E}^0$ с временной зависимостью в виде множителя $\exp(-i\omega t)$.

Первый класс задач сводится к СИУ [1] относительно электрического поля в области Q

$$\vec{E}(x)+\frac{1}{3}(\hat{e}_r(x)-\hat{I})\vec{E}(x)-\frac{}{}\,p.v.\int_Q(\hat{e}_r(y)-\hat{I})\vec{E}(y),\operatorname{grad})\operatorname{grad}G(R)dy-$$

$$-\,k_0^2\int_Q(\hat{e}_r(y)-\hat{I})\vec{E}(y)G(R)dy=\vec{E}^0(x),\ x\in Q. \qquad (1)$$

Здесь

$$G(R)=\exp(ik_0R)/(4\pi R),\ \hat{e}_r=\hat{e}/e_0,\ R=|x-y|,\ x=(x_1,x_2,x_3),$$

$$y=(y_1,y_2,y_3).$$

Символ (*,*) обозначает скалярное произведение векторов, а $p.v.\int$ - интеграл за вычетом бесконечно малого шара в окрестности точек $x = y$ (сингулярный интеграл).

Второй класс задач также сводится к СИУ [2] относительно электрического поля в области Q

$$\vec{E}(x)+\frac{1}{3}(\hat{e}_r(x)-\hat{I})\vec{E}(x)-\frac{}{}\,p.v.\int_Q(\hat{e}_r(y)-\hat{I})\vec{E}(y),\operatorname{grad})\operatorname{grad}G(R)dy-$$

$$k_0^2\int_Q(\hat{e}_r(y)-\hat{I})\vec{E}(y)G(R)dy-$$

$$\int_Q\operatorname{grad}(\operatorname{grad},\hat{G}_1(x,y)(\hat{e}_r(y)-\hat{I})\vec{E}(y))dy=\vec{E}^0(x),\ x\in Q. \qquad (2)$$

Здесь

$$R_1=\sqrt{(x_1-y_1)^2+(x_2-y_2)^2+(x_3+y_3)^2},\quad ,\ ,$$

$$G_1=\frac{\exp(ik_0R_1)}{4\pi R_1},\quad \hat{G}(x,y)=G\hat{I}+\hat{G}_1,\qquad \hat{G}_1=\begin{pmatrix}G_1 & 0 & 0\\ 0 & -G_1 & 0\\ 0 & 0 & G_1\end{pmatrix}. \qquad (3)$$

2. Дискретизация СИУ

Ядра интегральных уравнений (1) и (2) зависят, соответственно, от разности декартовых координат точек *хиуи* от их разности и суммы. Поэтому при дискретизации СИУ мы будем учитывать этот факт.

Введем сетку в декартовой системе координат такую, что область Q целиком находилась в параллелепипеде со сторонами $N_l h$, $l=1,2,3$, где h – шаг сетки вдоль декартовых координат. Параллелепипед разбивается сеткой на ячейки (элементарные кубики). Выбор сетки определяется формой области и требованиями: искомое решение, внешнее поле и параметры

среды слабо менялись внутри ячейки. Узловые точки, в которых определяются функции, задаются в центрах ячеек $x(p), p=(p_1,p_2,p_3)$ с координатами $x_1(p)=p_1h+\frac{h}{2}$, $x_2(p)=p_2h+\frac{h}{2}$, $x_3(p)=p_3h+\frac{h}{2}$. Тогда интегральные уравнения аппроксимируются СЛАУ относительно значений искомого поля в узловых точках, находящихся внутри области Q.

Аппроксимация для интегрального уравнения (1) имеет вид

$$u(p)-\sum_{y(q)\in Q}B(p-q)v(q)\,u(q)=u_0(p),\quad x(p)\in Q, \tag{4}$$

а для интегрального уравнения (2)

$$u(p)-\sum_{y(q)\in Q}[B_1(p-q)+B_2(p+q)]v(q)u(q)=u_0(p). \tag{5}$$

3. Быстрые алгоритмы

Для численного решения СЛАУ (4) и (5) мы можем использовать только итерационные методы. Число арифметических операций *T,* которое требуется для достижения заданной точности решения, и объем памяти компьютера *M*, эффективности любого численного алгоритма. Умножение матрицы СЛАУ на вектор наиболее трудоемкая операция при использовании итерационных методов. Поэтому число умножений матрицы на вектор при применении итерационных алгоритмов будем называть числом итераций. Значение *T*оценивается формулой

$$T\approx L(T_A+T_0)$$

Здесь L – число итераций, – число арифметических операций для умножения матрицы на вектор и T_0 - число операций для других вычислений. Как правило, $T_0 << T_A$.

Основные вычислительные затраты, обусловленные умножением матрицы (4) на вектор, связаны с вычислением сумм вида

$$W(p)=\sum_{y(q)\in Q}B(p-q)V(q),\quad x(p)\in Q. \tag{6}$$

Для матрицы (5) эти затраты связаны с вычислением следующих сумм

$$W(p)=\sum_{y(q)\in Q}[B_1(p-q)+B_2(p+q)\}V(q),\quad x(p)\in Q. \tag{7}$$

Используя технику быстрого преобразования Фурье, можно построить алгоритмы, для которых значения при вычислении (6) и (7) оцениваются формулой

$$T_A\sim N_1\,N_2\,N_3\left(LOG(N_1)+2LOG(N_2)+4LOG(N_3)\right) \tag{8}$$

$$LOG(N)=\sum_{k=1}^{m}N_k,\quad N=N_1N_2...N_m. \tag{9}$$

В (9) $N_1, N_2,..., N_m$ - простые числа. Если N_1, N_2, N_3 являются степенями числа 2, то $T_A\sim N_1\,N_2\,N_3\left(\log_2(N_1)+2\log_2(N_2)+4\log_2(N_3)\right)$.

5. Итерационные методы

Рассмотрим линейное операторное уравнение в гильбертовом пространстве H

$$\hat{A}u = f\ . \tag{10}$$

Определим итерационную процедуру следующими формулами

$$u_{n+1} = u_n - t_n(\hat{A}u_n - f);\ \ n = 0,1,... \tag{11}$$

$$t_n = \frac{(h_n, \hat{A}h_n)}{(\hat{A}h_n, \hat{A}h_n)}, \qquad h_n = \hat{A}u_n - f;\ \ n = 0,1,...$$

Итерации (11) сходятся к решению (10) если для любого $v \hat{I}\ H$ [4]

$$\left|\left(\hat{A}v, v\right)\right| \geq p_0(v,v), \quad p_0 > 0)\,. \tag{12}$$

Используя теорему Пойнтинга, можно показать [4], что неравенство (12) выполняется для уравнений (1) и (2).

Для численного решения СЛАУ (4) и (5) можно также использовать GMRES алгоритмы, которые являются обобщением (11).

Для низкочастотного рассеяния эффективны стационарные итерационные алгоритмы. [3].

5. Численные результаты

Рассмотрим рассеяние плоской волны на однородном диэлектрическом кубе с ребром d. В таблице 1 представлены параметры численных вычислений задач с относительной точностью 10^{-4}. В таблице $D = \frac{2p}{l}d$, N – число узловых точек по каждой декартовой оси, l - длина волны.

Таблица 1. Численные результаты исследований.

D	N	Re e	Im e	M (Mb)	Время, с	L	Время на итерацию
1	100	0.5	0.0	1100	25	8	3.13
2	100	0.5	0.0	1100	47	16	2.94
5	100	0.5	0.0	1100	68	24	2.83
1	150	0.5	0.0	3700	97	8	12.13
2	150	0.5	0.0	3700	192	16	12.00
3	100	1.5	0.0	1100	47	16	2.94
4	100	2.0	0.5	1100	69	24	2.88
4	200	2.0	0.5	8900	771	24	32.13
6	200	4.0	2.0	8900	1553	56	27.73

Как видно из таблицы 1, мы можем решать СЛАУ огромной размерности (значительно больше миллиона) даже на обычных компьютерах.

Заключение

Мы свели уравнения (1) и (2) к СЛАУ, причем зависимость ядер интегральных уравнений от аргументов была принята во внимание при дискретизации. Это позволило, используя быстрое преобразование Фурье, построить эффективные алгоритмы решения получившихся СЛАУ огромной размерности.

Характеристики алгоритмов:

Требуемый объем памяти $M \approx N_1 N_2 N_3$.

Число арифметических операций $T \approx L T_A$

$L \approx 10 - 200$,

$T_A \sim N_1 N_2 N_3 \left(LOG(N_1) + 2LOG(N_2) + 4LOG(N_3)\right)$,

где $N_1 N_2 N_3$ - число узловых точек по каждой декартовой оси.

Библиографический список

1. Самохин А.Б. Объемные сингулярные интегральные уравнения для задач рассеяния на трехмерных диэлектрических структурах// Дифференциальные уравнения, т.50, №9, 2014, с. 1215-1230.

2. Самохин А.Б., Самохина А.С. Объемные сингулярные интегральные уравнения для прозрачных структур над идеально проводящей плоскостью// Дифференциальные уравнения, т.51, №9, 2015, с. 1227-1233.

A. Samokhin, Y, Shestopalov, K. Kobayashi. “Stationary iteration methods for solving 3D electromagnetic scattering problems”.Applied mathematics and computations, 2013, Vol. 222, pp. 107-122.

4. СамохинА.Б. Интегральные уравнения итерационные методы в электромагнитном рассеянии. М.: Радиоисвязь, 1998, 160 с.

NUMERICAL METHODS FOR THE PROBLEMS OF ELECTROMAGNETIC SCATTERING ON 3D DIELECTRIC SYRUCTURES

A.B. Samokhin, A.E. Ustinov
Moscow Technological University, Moscow, Russia
e-mail: absamokhin@yandex.ru

Abstract. We consider the problems of electromagnetic scattering on 3D dielectric structures lying in free space and over ideally conducting surface. We reduce these problems to the volume integral equations. We discuss effective methods and algorithms.

Keywords. Electromagnetic scattering, dielectric structures, integral equations, effective algorithms.

УДК 517.9+519.6

ЭРГОДИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ КАК ОСНОВА СВЯЗИ АМПЛИТУДНЫХ И ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СИГНАЛОВ

© В.И. Кузьмин В.И., А.Ф.Гадзаов

Московский технологический, университет, Москва, Россия
email: vik279135@yandex.ru, gadzaov_alex@mail.ru

Аннотация. Предложен подход к анализу амплитудно-частотных характеристик сигналов через ограничения на их динамику и функции плотности распределения. Возможности метода иллюстрируются содержательным примером.

Ключевые слова. Эргодическая гипотеза, ограничения на функции плотности распределений, почти-периоды, сдвиговая функция, отклонения от тренда, нелинейные колебания, обработка результатов измерений, свойства почти-периодических функций.

Рассмотрена связь амплитудных и частотных характеристик сигналов через ограничения на их динамику и функции плотности распределения. Результаты иллюстрируются анализом динамики радиоизлучения Солнца.

В [1] рассмотрена проблема определения границ диапазонов однородности при статистической обработке экспериментальных данных. Знание точных значений границ сохранения свойств статистических совокупностей диктуется необходимостью решения широкого круга прикладных задач.

Связь между входом системы x(t) и выходом y(t) определяется разнесением по времени на интервал τ. В результате сигнал на выходе системы в данный момент времени характеризуется входным сигналом в момент времени (t-τ) [2-5].

Тогда характеристики линейной системы представляются уравнением:

$$a_m \frac{d^{(m)}y(t)}{dt^m} + a_{m-1}\frac{d^{(m-1)}y(t)}{dt^{(m-1)}} + \ldots + a_0 y = b_p \frac{d^{(p)}x(t-\tau)}{dt^p} + b_{p-1}\frac{d^{(p-1)}x(t-\tau)}{dt^{(p-1)}} + \ldots + b_0 x(t-\tau) \quad (1)$$

Аналитическое выражение взаимосвязей между динамическим описанием и данных статического разреза в соответствии с эргодической ги-

потезой можно проследить, рассматривая характеристическое уравнение для представленного выше уравнения.

Будем искать решение в экспоненциальной форме

$$x = e^{zt},\ y = H(z) \times e^{zt}.$$

При этом $H(z) = \frac{y}{x}$, т.е. определяет соотношение сигналов на входе и выходе системы.

Тогда характеристическое уравнение для (1) записывается в виде:

$$\begin{aligned} &H(z)(a_m z^m + a_{m-1} a_m z^{m-1} + \ldots + a_0) - \\ &- (b_p z^p + b_{p-1} z^{p-1} + \ldots + b_0) \times e^{-z\tau} = 0 \end{aligned} \quad (2)$$

Левая часть этого уравнения называется характеристическим квазиполиномом.

Это уравнение не содержит времени в отличие от (1) и определяет только соотношение между параметрами рассматриваемой системы, которые могут быть определены из анализа данных для группы объектов в фиксированный момент времени.

Из характеристического квазиполинома соотношение сигналов на входе и выходе системы определяется соотношением

$$H(z) = \frac{(b_p z^p + b_{p-1} z^{p-1} + \ldots + b_0)}{(a_m z^m + a_{m-1} a_m z^{m-1} + \ldots + a_0)} \times e^{-z\tau} \quad (3)$$

которое, при z=iv, называется частотной характеристикой.

Условие устойчивости при этом определяется как равенство нулю знаменателя частотной характеристики

$$a_m z^m + a_{m-1} a_m z^{m-1} + \ldots + a_0 = 0$$

Однако для общего случая, когда корни характеристического уравнения являются комплексными, они могут быть и псевдоположительными, т.е. иметь положительную действительную часть при ненулевом коэффициенте при мнимой части, что также соответствует потере устойчивости.

Назовем соотношение (2) комплексной характеристикой для случая z=u+iv.

При нахождении решений уравнения (2) часто пользуются оценкой весомостей членов, входящих в его состав.

В этом случае при двух доминирующих членах для входа и выхода системы получим

$$H(z) = \frac{b_p z^p}{a_m z^m} \times e^{-z\tau} = \frac{b_p}{a_m} \times z^{p-m} \times e^{-z\tau} \quad (4)$$

Заметим, что основные законы распределения, используемые в математической статистике, являются частными случаями характеристического квазиполинома уравнения (1), соответствующими комплексной характеристике (3).

Тогда, например, для нормального распределения получим, табл.1.

Таблица 1. Сопоставление параметров уравнения (4) и нормального распределения.

Распределение	$\frac{b_p}{a_m}$	$p - m$	τ	$H(z)$
Нормальное	$\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}$	0	$\frac{z}{2\sigma^2}$	$\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \times e^{-\frac{z^2}{2\sigma^2}}$

Таким образом, предъявляется связь между данными статического разреза и системой временных ритмов, определяемых запаздыванием.

Умножим обе части уравнения (3) на ze^{zt}. Тогда

$$z \times H(z) \times e^{zt} = \frac{b_p}{a_m} \times z^{p-m} \times e^{z(t-\tau)}$$

или

$$\frac{dy(t)}{dt} = \frac{b_p}{a_m} \times z^{p-m} \times e^{z(t-\tau)} = z \times e^{z\tau} \times H(z) \times e^{z(t-\tau)} = z \times e^{z\tau} y(t-\tau) \quad (5)$$

Таким образом, сигнал на выходе системы определяется линейным дифференциальным уравнением с запаздывающим аргументом.

В [1] показано, что $1/e \le zte^{zt} \le \frac{3}{2}p$

Для нормального распределения z/σ<1,6 и z/ σ>0.75.

Эти границы представлены на рис.5 и оказываются близкими к кардинальному изменению структуры функции плотности распределения.

Представленные результаты характеризуют взаимосвязь между основным периодом колебаний характеристик сигналов и основными параметрами тех же данных, представленных функцией плотности распределения. Для того, чтобы выявить такие связи параметры процесса требуется перевести в безразмерную форму. Тогда, например, для данных статического разреза, представленных нормальным распределением величина запаздывания определяется соотношением между параметрами z и σ, то есть $\tau = z/(2 \cdot \sigma^2)$ или с учётом представленных выше соотношений $\tau = a \cdot /(2 \cdot \sigma)$, где

равно $\tau_1 = 0{,}75/(2\cdot\sigma) =$ или $a=1.60$. Отсюда, полученные из данных статического разреза величины, определяющие запаздывание будут соответствовать характерным временам динамики колебаний характеристик сигналов.

Рассмотрим в качестве примера реализации связи амплитуд колебаний и частотных характеристик сигналов данные о динамике радиоизлучения Солнца на длине волны 10,7 см, рис.1.

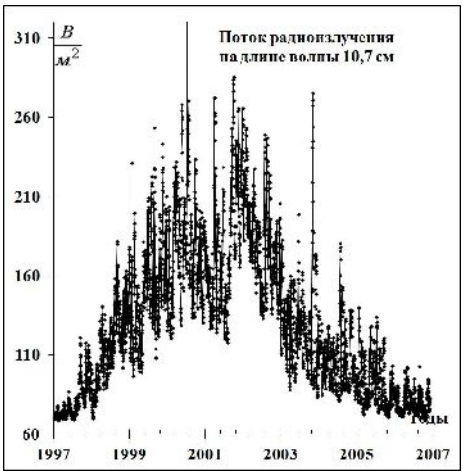


Рис.1. Динамика радиоизлучения Солнца на длине волны 10,7 см.

В [6] было показано, что исключение тренда для нелинейных процессов эффективно реализуется на основе среднего геометрического показателя

$$\ln(P) = \ln\left(\frac{y_{t-\Delta t} \times y_{t+\Delta t}}{y_t^2}\right) = 0,$$

где $y_{t-\Delta t}$, y_t, $y_{t+\Delta t}$ - значения в соответствующие моменты времени, Δt- фиксированный пробный временной интервал

При исключении тренда качество получаемого результата определяется близостью к нулю среднего значения показателя модуля

$$m(\Delta t) = \frac{1}{l}\sum_{t=1}^{l} \left|P(t, \Delta t)\right|$$

На рис.2 показан результат исключения тренда. На рис.3 показано значение Δt, обеспечивающего минимальное отклонение полученного ряда от нуля.

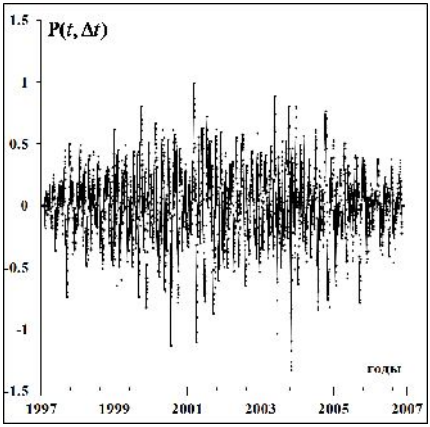


Рис.2. Результат исключения трена данных рис.1.

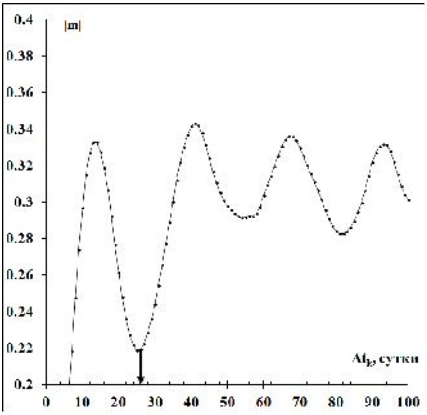


Рис.3. Модуль математического ожидания колебаний данных рис.2.

Представление данных рис.4 по результатам сортировки и суммирования членов ряда показывает кривую ограниченного роста, предел которой равный 3571 является основой для нормировки функции при построении плотности распределения, которая в сопоставлении с данными рис.2 представлена на рис.5.

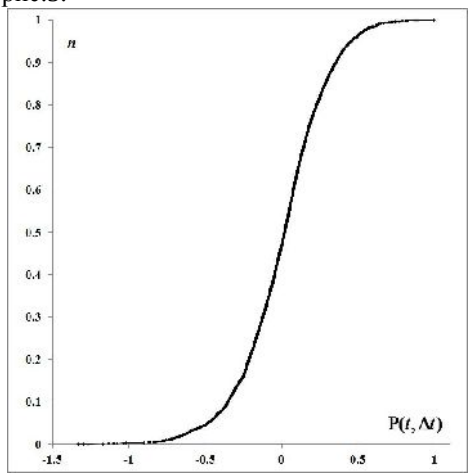


Рис.4 Функция распределения для данных рис.2.

Полученная функция плотности распределения представляется симметричной и ее соответствие нормальному распределению может быть представлена анаморфозой вида

$$\ln(f(x)) = \ln(\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}) - \frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}$$

Для данных рис.5 анаморфоза представлена на рис.6.

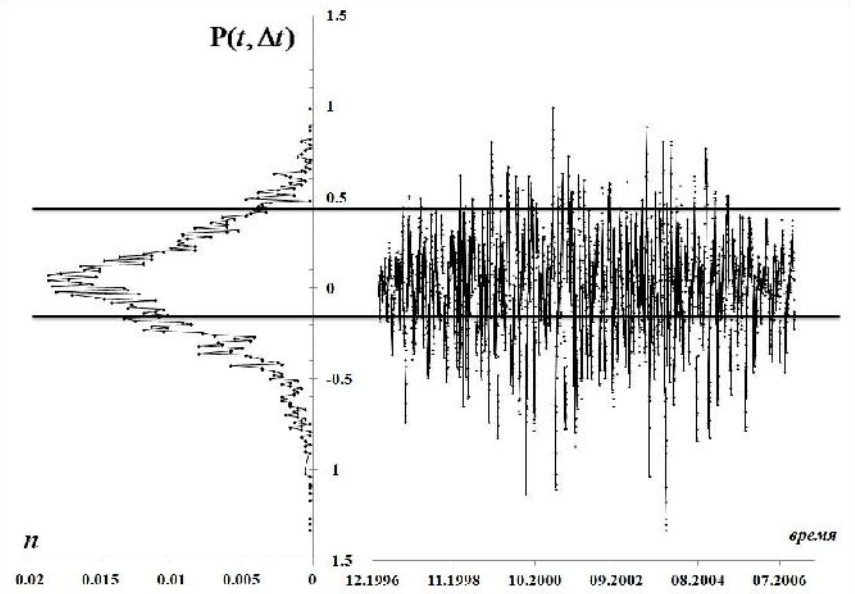


Рис.5. Сопоставление функции плотности распределения и результата исключения тренда.

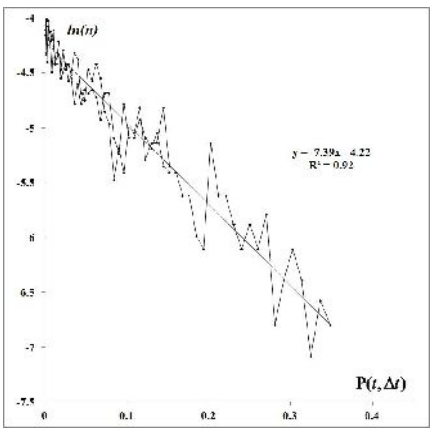


Рис.6. Анаморфоза для данных рис.5.

По коэффициенту наклона прямой, равному $k = -1/2s^2 = -7{,}39$, опре-

деляется значение параметра $s = \sqrt{\frac{1}{2 \times 7{,}39}} = 0.26$.

В результате величина запаздывания для рассматриваемого процесса составляет τравняется 0,75/(2·0,26) =1,44. и 1.6/(2·0,26) = 3.При этом полученные величины отличаются практически в 2 раза.
На рис.7 представлена сдвиговая функция

$$a(t_k) = \frac{1}{n - t} \times \sum_{i=1}^{n-t} \left| f(t_i + t_k) - f(t_i) \right|$$

$$t = \arg\min a(t)$$

$$t_{\min} \le t \le t_{\max} \quad ,$$

где τ_{min} и τ_{max} - пределы поиска периода. Ёминимумы определяют величины почти-периодов равные 26 и 80 суткам. Фактически эти значения представляют характерные времена анализируемого процесса, определяемые нормированными по 26 суткам значениями почти-периодов,рис.8. При этом второе значение втрое меньше первого, что соответствует величине времени запаздывания, полученному из ограничения на функцию плотности нормального распределения

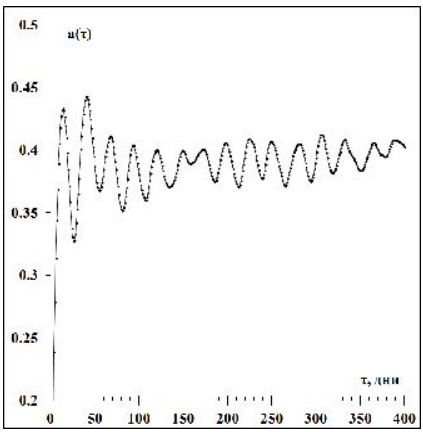


Рис.7.Сдвиговая функция, по оси ординат дни.

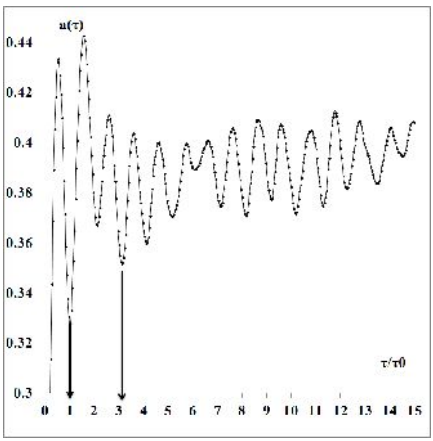


Рис.8. Сдвиговая функция, по оси ординат время, нормированное по 26 суткам.

Таким образом, эргодические свойства нелинейных колебаний ха-

рактеристик сигналов определяют взаимосвязь между амплитудными характеристиками, представленными данными статического разреза, и почти-периодами динамики процесса.

Библиографический список

1. Кобринский Н.Е., Кузьмин В.И. Точность экономико-математических моделей. М.: ФИНАНСЫ И СТАТИСТИКА, 1981.
2. Дженкинс Г., Ваттс Д. Спектральный анализ и его приложения. М.: Мир, 1971
3. Труселл К. Первоначальный курс рациональной механики сплошных сред. М.: Мир, 1975
4. Дэй У.А. Термодинамика простых сред с памятью. М.: Мир, 1974
5. Мейз Дж. Теория и задачи механики сплошных сред. М.: Мир, 1974
6. Кузьмин В.И., Самохин А.Б., Гадзаов А.Ф., Чердынцев В.В. Модели и алгоритмы анализа нелинейных колебаний с трендом. -М.: МИРЭА, 2015. – 94 с.

ERGODIC PROPERTIES OF DYNAMIC SYSTEMS AS THE BASIS OF THE COMMUNICATION OF AMPLITUDE AND FREQUENCY CHARACTERISTICS OF SIGNALS

© V.I.Kuzmin., A.F. Gadzaov

Moscow Technological University, Moscow, Russia
email: vik279135@yandex.ru, gadzaov_alex@mail.ru

Abstract. An approach to the analysis of the amplitude-frequency characteristics of signals through constraints on their dynamics and distributional density functions is proposed. The possibilities of the method are illustrated by a meaningful example.

Keywords: Ergodic hypothesis, restrictions on distribution density functions, almost-periods, shift function, deviations from the trend, nonlinear oscillations, processing of measurement results, properties of almost-periodic functions.

УДК 537.877

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАДИОВОЛН НАД ЛЕСНЫМИ МАССИВАМИ

© В.А. Пермяков, М.С. Михайлов, Е.С. Малевич

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ»,Москва, Россия
111250, Красноказарменная ул., 14, e-mail: valerypermyakov@yandex.ru

Аннотация. Изучена зависимость модуля напряженности электрического поля РЛС над поверхностью земли при наличии препятствия в виде лесного массива. Основное внимание уделено анализу поля внутри леса при различных параметрах и формах полога леса. Приведены результаты расчета поля за препятствием. Данная методика может применяться к расчету санитарно–защитных зон и зон ограничения застройки вблизи РТС.

Ключевые слова: параболическое уравнение, полог леса, распространение радиоволн в лесу, боковая волна в лесу.

Введение

При проектировании мощных радиотехнических систем (РТС) существует необходимость оценки величины напряженности электромагнитного поля с учетом сложного рельефа местности, включающего неровности земной поверхности, лесные массивы, здания и др. В докладе рассматривается распространение радиоволн с использованием метода параболического уравнения для двумерных и трехмерных моделей пространства. Реализованный в работе подход может быть применен к расчету санитарно–защитных зон и зон ограничения застройки вблизи РТС.

О методе параболического уравнения.

Скалярное уравнение Гельмгольца относительно вертикальной компоненты напряженности электрического поля

$$\Delta U + k_0^2 \varepsilon U = 0 \qquad (1)$$

сводится к уравнению для функции $W(x, y, z)$ подстановкой[1]:

$$U(x, y, z) = W(x, y, z)\exp(-ik_0 z). \qquad (2)$$

В предположении, что функция $W(x, y, z)$ является медленно меняющейся функцией координаты z по сравнению с изменением по попе-

речным координатам, полученное уравнение сводится к параболическому уравнению (ПУ):

$$\frac{\partial^2 W}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} - 2ik_0 \frac{\partial W}{\partial z} + k_0^2 \left(\varepsilon(x,y,z) - 1\right) W = 0. \qquad (3)$$

Рассмотрены два варианта решения ПУ. В наиболее общем трехмерном случае на верхней и боковых границах вне параллелепипеда, охватывающего препятствие, для ПУ (3) ставится поглощающее граничное условие, на поверхности земли справедливое при скользящих углах падения волны — граничное условие $W = 0$. Решение двухмерного ПУ в трехмерной области пространства проводится с использованием преобразований Фурье в плоскости (x, y) для каждого сечения $z = const$ [2]. В частном двумерном случае $\varepsilon = \varepsilon(x, z)$ упрощения постановки задачи очевидны.

Практическая реализация

Геометрия препятствия в общем виде приведена на рис.1.Препятствие задается в виде куба с высокой проводимостью или лесного массива аналогичной формы с эффективной диэлектрической проницаемостью. Формы использованного в расчете полога приведены на рис.2.

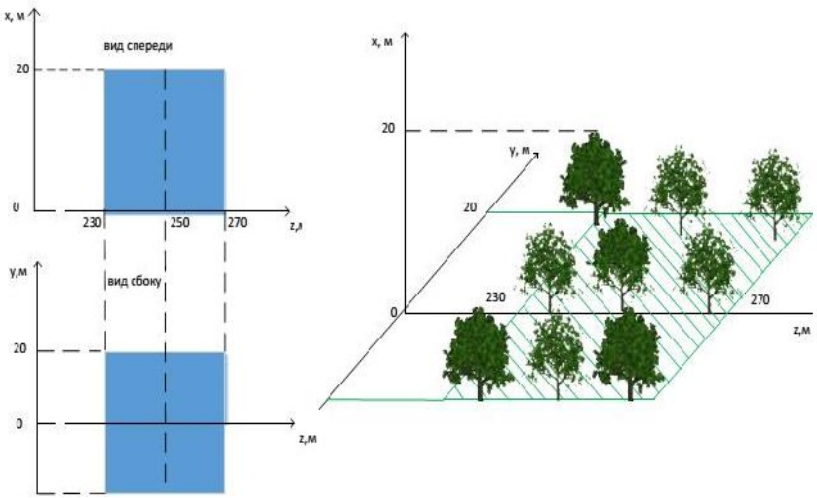
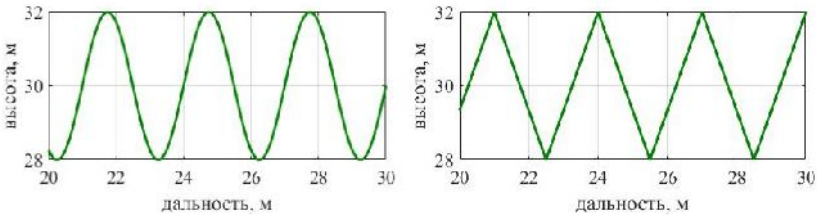


Рис.1. Геометрия нерегулярностей в виде лесного массива и куба на поверхности Земли.

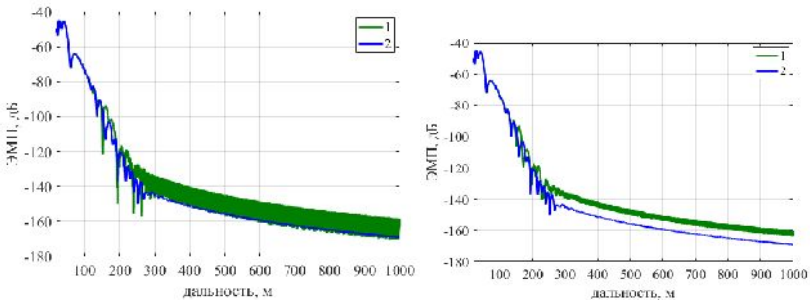
Источник сигнала в двумерном случае одиночная антенна с заданной диаграммой направленности, в трехмерном случае — фазированная антенная решетка (ФАР) из 10×100 элементов — вертикальных полуволновых вибраторов, расстояние между соседними элементами — 0.5 λ. Высота расположения над землей центра ФАР — 8 м. Поляризация излучения — вертикальная. Рабочая частота 500 МГц. Режим излучения непрерывный.



а) *б)*

Рис.2. Геометрия а) синусоидального и б) клиновидного пологов для лиственного и хвойного лесов соответственно.

На рис.3–7 приведены расчеты для двумерного ПУ. Ширина диаграммы направленности антенны 5°. Высота антенны над земной поверхностью составляет 8 м. Начальное распределение поля рассчитывалось в приближении геометрической оптики на расстоянии 20 м от антенны с учетом отражения от Земли.

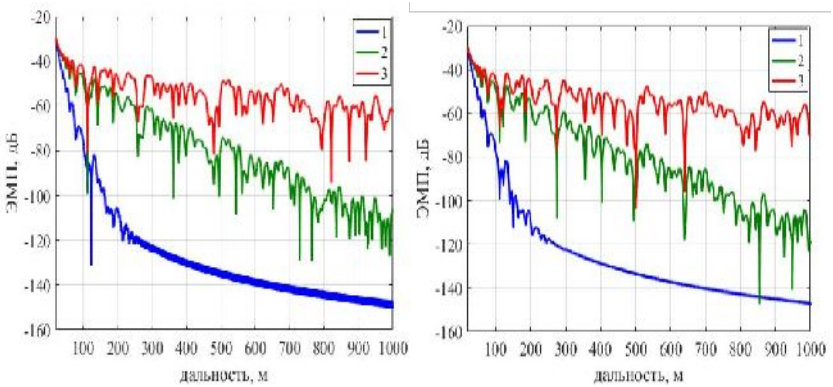


а) *б)*

Рис.3. Зависимость модуля напряженности поля от дальности на уровне 2 м над землей для леса с различными формами полога:
а) для лиственного леса, б) для хвойного леса,
кривые 1–2 соответствуют:
1) размах полога 2 м, 2) плоский полог;
2) (параметры расчёта: высота антенны 8 м, частота 500 МГц, средняя высота леса 20 м, ЭДП = 1.1−i0.009, расстояние между деревьями 3 м).

Расчеты проводились для плоского и модулированных пологов, синусоидального и клиновидного различной высоты на уровне 2 м от земли. Среднее расстояние между деревьями составляет 3 м. Все остальные параметры леса приведены на рисунках.

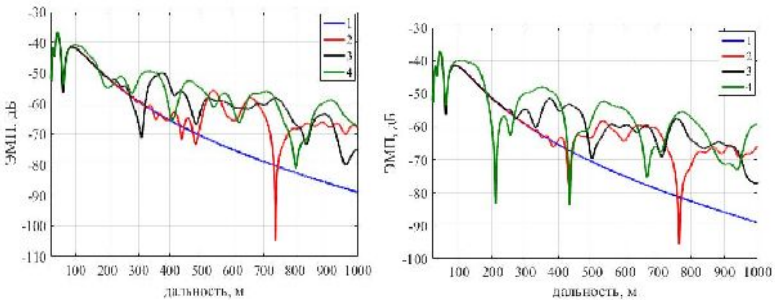
На рис.3 четко видно, что до дальности ~250 м распределение поля носит осциллирующий характер. Этот участок ослабления соответствует экспоненциальному затуханию по прямой линии связи между антенной и точкой приема в лесу, интерференция поля связана с отражением поля от земли. На больших дальностях связь осуществляется в режиме боковой волны — ослабление сигнала идет по степенному закону.



а) *б)*

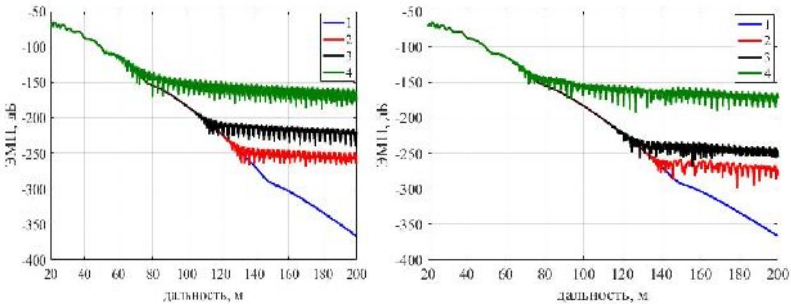
Рис.4. Зависимость модуля напряженности поля от дальности на уровне 8 м в лесу с различными потерями для:
а) для лиственного леса, б) для хвойного леса.
Кривые 1–3 соответствуют:
1) ЭДП=1.1-i0.009, 2) ЭДП=1.1-i0.00022, 3) ЭДП = 1.1−i0.0014;
(параметры расчёта: высота антенны 8 м, частота 500 МГц, средняя высота леса 20 м, размах полога ±2 м, расстояние между деревьями 3 м).

В случае неплоского полога колебания принимаемого сигнала связаны с уменьшением потерь в лесу (рис.4). Отметим, что в случае синусоидального полога (рис.1, кривая 1; рис. 3а) кривая затухания имеет определенную толщину в режиме боковой волны. Эта форма кривой вызвана быстрыми колебаниями высоты сигнала с расстоянием, обусловленными рассеянием поля на модулированном пологе (рис.5). Результаты качественно согласуются с численными результатами в работе [3].



а) *б)*

Рис.5. Зависимость модуля напряженности поля от дальности на уровне 8 м от земли в массиве леса с разными высотами леса и формой полога:
а) лиственный лес, б) хвойный лес.
Кривые 1–4 соответствуют:
1) бесконечно высокий лес, 2) средняя высота леса 30 м, 3) 20 м и 4) 10 м;
2) (параметры расчёта: высота антенны 8 м, ЭДП = 1.03−i0.00028, частота 500 МГц, размах полога ±4 м, расстояние между деревьями 3 м).



а) б)

Рис.6. Зависимость модуля напряженности поля от дальности на уровне 2 м в массиве леса с разными высотами леса и формой полога:
а) лиственный и б) хвойный лес.
Кривые 1–4 соответствуют:
1) бесконечно высокому лесу, 2) средней высоте леса 30 м,
3) 15 м и 4) 10 м;
(параметры: высота антенны 8 м, частота 1400 МГц, ЭДП = 1.0028−i0.014, размах полога ±2 м, расстояние между деревьями 3 м).

Проанализируем поля за препятствием [4]. На рис.7 приведены результаты расчета модуля напряженности электрического поля от горизонтальной координаты на высоте 2 м над землей на двух дальностях от ан-

тенны — а) 231 м, за началом препятствия, и б) 1000 м, в дали от препятствия. На больших расстояниях от препятствия (рис.7б) поле за препятствием имеет интерференционную структуру, аналогичную полю над землей без препятствий, однако амплитуда поля за препятствиями оказывается меньше, чем над плоской землей вследствие того, что за препятствиями поле формируется процессами дифракции.

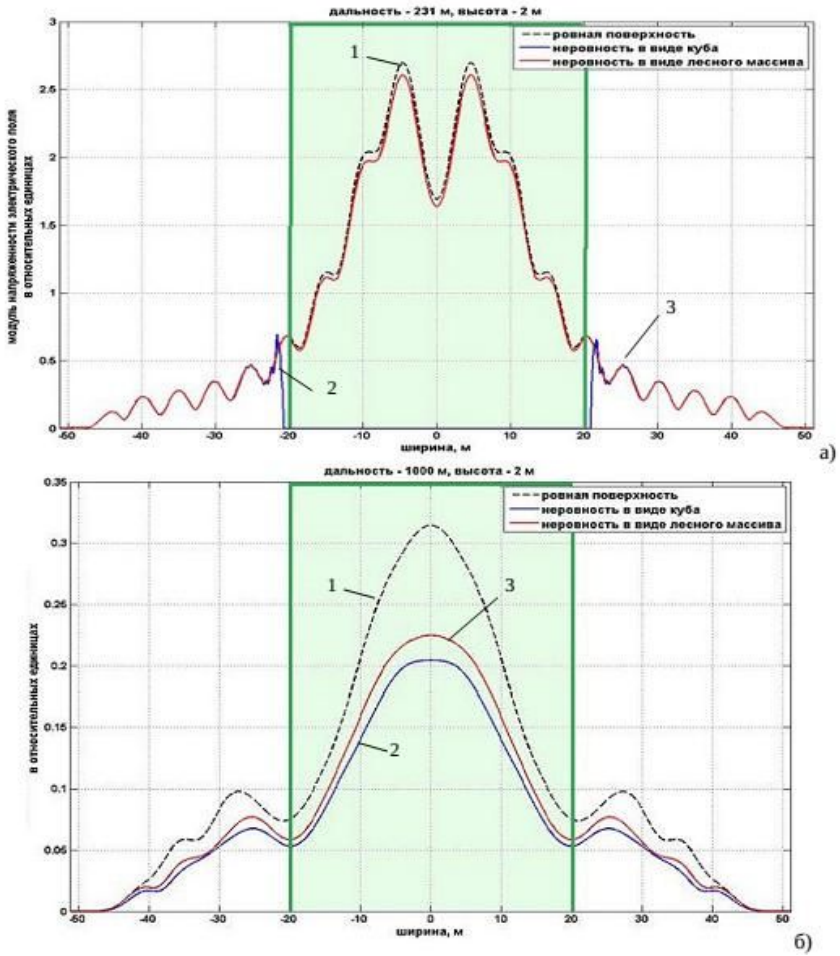


Рис.7. Распределение интенсивности поля в относительных в относительных единицах за препятствием, образованным проводящим кубом или лесом размерами 40 м×40 м×20 м. Диэлектрическая проницаемость леса ε = 1.004−i0.00648.

Заключение

Реализованный метод решения ПУ позволяет оценить структуру электромагнитного поля ФАР в трехмерной области над поверхностью Земли при наличии сложных препятствий в зоне Френеля. Влияние препятствий проявляется в усложнении интерференционной структуры поля из-за дифракции поля на препятствиях. Метод позволяет провести расчет санитарно–защитных зон и зон ограничения застройки вблизи мощных РТС с учетом профиля местности при наличии лесных массивов.

Исследование выполнено за счёт гранта Российского научного фонда (проект №17-19-01616)

Библиографическийсписок

1. Levy, M. ParabolicEquationMethodforElectromagneticWavesPropagation / M. Levy. — London: IEE, 2000. —336 p.

2. Михайлов, М. С. Расчетэнергетическихxарактеристикфазированныхантенныхрешетокнадне регулярнойповерхностьюметодомпараболического уравнения: дисс. ... канд. техн. наук: 05.12.07 / Михайлов Михаил Сергеевич. — М., НИУ «МЭИ», 2015. —135 с.

3. Попов, В. И.Распространение радиоволн в лесах / В. И. Попов. — Москва: Горячая линия Телеком, 2015. —392 с.

4. Mikhailov, M.S., Permyakov, V.A., Malevich, E.S. Calculation by the Method of Parabolic Equation in Three-dimensional Space with Obstacles / M. S Mikhailov, V. A. Permyakov, E. S Malevich // Russian Physics Journal, 2016, V. 59, №12-3, P. 144–148.

MODELING THE PROPAGATION OF RADIO WAVES OVER FOREST TRACTS

©V. A. Permyakov, M. S. Mikhailov, and E. S. Malevich
National Research University "Moscow Power Engineering Institute", Moscow, Russia,*e-mail: valerypermyakov@yandex.ru*

The dependence of the magnitude of the radar electric field above the Earth's surface in the presence of an obstacle formed by a forest is studied. The main attention is given to the analysis of the field inside the forest at various parameters and shapes of the foliage. The results of calculating the field behind the obstacle are presented. This technique can be applied to the calculation of sanitary protection zones and zones of building restrictions near radio engineering facilities

УДК 537.86: 538.956: 517.958

ПРОХОЖДЕНИЕ ПЕРИОДИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ СПЕЦИАЛЬНОГО ВИДА ЧЕРЕЗ СЕГНЕТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ КОНДЕНСАТОР С ОТРИЦАТЕЛЬНОЙ ЁМКОСТЬЮ

© О. С. Кострома[1], А. А. Потапов[2], И. В. Ракуть[1], А. Э. Рассадин[3,*], А. А. Тронов[3]

[1] Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского»
[2] Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт радиотехники и электроник им. В. А. Котельникова РАН»
[3,*] Нижегородское математическое общество
e-mail: os.kostromina@yandex.ru, potapov@cplire.ru, rakut@nirfi.unn.ru, brat_ras@list.ru, tronovaa@yandex.ru

Аннотация. Рассмотрена схема из последовательно соединённых резистора и двуслойной сегнетоэлектрической структуры, обладающей отрицательной ёмкостью. Развит численно-аналитический метод решения уравнения для электрического заряда на таком сегнетоэлектрическом конденсаторе. Представлены графики электрических колебаний, возникающих при активации этой схемы сигналами специальной формы.

Ключевые слова. Интегрированные сегнетоэлектрики, теория Ландау фазовых переходов второго рода, уравнение Абеля первого рода.

В настоящее время во всём мире идут интенсивные исследования сегнетоэлектрических систем с отрицательной ёмкостью [1-3]. Хотя в рамках теории Ландау фазовых переходов 2-го рода для монодоменного сегнетоэлектрического образца его состояния, соответствующие отрицательной дифференциальной ёмкости, являются лишь метастабильными [4], тем не менее авторам статьи [5] удалось получить экспериментально термодинамически устойчивую двухслойную сегнетоэлектрическую систему из цирконата-титаната свинца $Pb(Zr_{0,2}Ti_{0,8})O_3$ и титаната стронция $SrTiO_3$, обладающую отрицательной ёмкостью при комнатной температуре. Для краткости будем называть эту систему NC-конденсатором.

Напряжение U_C между обкладками NC-конденсатора зависит от его заряда q следующим образом [5]:

$$U_C = -a \times q + b \times q^3 , \qquad (1)$$

где согласно экспериментальным данным [5] $a \sim 10^{10}\ \hat{A} \cdot \hat{E}\ddot{e}^{-1}$ и

$b \sim 0{,}5 \times 10^{29}\ \hat{A} \times \hat{E}\ddot{e}^{-3}$.

В экспериментах [5] слой $Pb(Zr_{0,2}Ti_{0,8})O_3$ имел толщину 28 нм, слой $SrTiO_3$ — толщину 48 нм, а площадь образца была 30 мкм ´ 30 мкм. Таким образом, NC-конденсаторы вполне вписываются в новое научное направление — интегрированные сегнетоэлектрики, парадигма которого заключается в объединении активных диэлектрических материалов с технологиями микроэлектронного производства [6]. Это направление даёт возможность развития нового поколения элементной базы современной радиоэлектроники, основанного на нелинейных эффектах в таких элементах.

В докладах [7-10] в целях интенсификации развития интегрированных сегнетоэлектриков были исследованы режимы функционирования основного элемента генераторов электрических колебаний — колебательного контура, в котором обычный конденсатор заменён NC-конденсатором. с сегнетоэлектриком, что позволяет получать отрицательную ёмкость.

Данная статья продолжает анализ процессов функционирования NC-конденсаторов в радиотехнических устройствах различного типа, а именно, в ней мы рассмотрим работу нелинейного четырёхполюсника с NC-конденсатором, являющегося аналогом интегрирующих или дифференцирующих цепочек обычной радиотехники. Мы будем называть такой четырёхполюсник RNC-цепочкой.

1. Уравнение движения для RNC-цепочки

Рассмотрим электрическую схему, в которой последовательно с сопротивлением R вместо обычного конденсатора включён NC-конденсатор. (рис. 1).

Второй закон Кирхгофа для этой схемы при учёте формулы (1) даёт нам для заряда $q(t)$ на NC-конденсаторе следующее обыкновенное дифференциальное уравнение:

$$R \times \frac{dq}{dt} - a \times q + b \times q^3 = U(t), \qquad (2)$$

где $U(t)$ — входное напряжение внешнего сигнала активации.

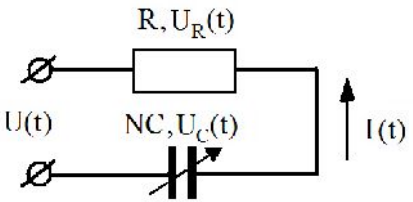


Рис. 1. Принципиальная схема RNC-цепочки.

Для дальнейшего анализа удобно ввести безразмерные переменные:

$$t = \frac{a \cdot t}{R}, \quad x(t) = \sqrt{\frac{b}{a}} \cdot q(t), \quad u(t) = \frac{\sqrt{b}}{a^{3/2}} \cdot U(t). \tag{3}$$

В них исходное уравнение (2) сводится к уравнению Абеля первого рода [11]:

$$\frac{dx}{dt} = x - x^3 + u(t), \tag{4}$$

которое нужно дополнить начальным условием $x(0) = x_0$ для безразмерного заряда.

По формулам (3) можно оценить характерные масштабы электрического заряда и размерного напряжения на NC-конденсаторе. С учётом экспериментальных данных [5] они имеют следующие порядки величин: $\sqrt{a/b} \sim 0{,}5$ нКл и $a^{3/2}/b^{1/2} \sim 5\hat{A}$. Постоянная времени цепи порядка R/a, и, как и в случае обычной RC-цепочки, она определяется значением сопротивления.

Зная решение $x(t)$ уравнения (4) для заданного входного напряжения $u(t)$, мы можем вычислить величины, которые выражаются через безразмерный заряд, а именно, безразмерное напряжение на NC-конденсаторе:

$$u_C(t) = -x(t) + x^3(t), \tag{5}$$

и безразмерную электрическую энергию в NC-конденсаторе:

$$w(t) = -\frac{x^2(t)}{2} + \frac{x^4(t)}{4}. \tag{6}$$

Для получения размерной электрической энергии в NC-конденсаторе выражение (6) надо умножить на величину $a^2/b \sim 1$ нДж.

При произвольной зависимости $u(t)$ уравнение (4) не имеет точного решения [11]. Тем не менее, для целого ряда конкретных функций аналитические решения можно найти.

2. Точные решения уравнения движения для RNC-цепочки в случае постоянного входного напряжения

Пусть внешнего напряжения на входе RNC-цепочки на рис. 1. нет: $u(t) = 0$. Тогда уравнение (4) сведётся к уравнению с разделяющимися переменными:

$$\frac{dx}{dt} = x - x^3, \tag{7}$$

имеющему точное решение:

$$x(t) = \frac{x_0}{\sqrt{x_0^2 + (1 - x_0^2) \times \exp(-2 \times t)}}. \quad (8)$$

Из выражения (8) видно, что:

$$\lim_{t \to +\infty} x(t) = \begin{cases} +1, & x_0 > 0 \\ 0, & x_0 = 0 \\ -1, & x_0 < 0 \end{cases}, \quad (9)$$

то есть замкнутая накоротко RNC-цепочка имеет два устойчивых состояния равновесия: $x = \pm 1$.

Если входное напряжение постоянно: $U(t) = U_0$, то уравнение (4) имеет вид:

$$\frac{dx}{dt} = x - x^3 + a, \quad (10)$$

где $a = \frac{\sqrt{b}}{a^{3/2}} \times U_0$.

В уравнении (10) переменные разделяются, и при $0 < |a| < \frac{2}{3 \times \sqrt{3}}$ оно имеет следующее точное решение:

$$-t = a_1 \times \ln|x - x_1| + a_2 \times \ln|x - x_2| + a_3 \times \ln|x - x_3| + Const, \quad (11)$$

где x_1, x_2, x_3 — действительные корни уравнения:

$$x^3 - x - a = 0, \quad (12)$$

а постоянные a_1, a_2, a_3 равны:

$$a_1 = \frac{x_3 - x_2}{x_1^2 \times (x_3 - x_2) + x_2^2 \times (x_1 - x_3) + x_3^2 \times (x_2 - x_1)},$$
$$a_2 = \frac{x_1 - x_3}{x_1^2 \times (x_3 - x_2) + x_2^2 \times (x_1 - x_3) + x_3^2 \times (x_2 - x_1)}, \quad (13)$$
$$a_3 = \frac{x_2 - x_1}{x_1^2 \times (x_3 - x_2) + x_2^2 \times (x_1 - x_3) + x_3^2 \times (x_2 - x_1)}.$$

Отметим, что $a_1 + a_2 + a_3 = 0$.

При $|a| > \frac{2}{3 \times \sqrt{3}}$ у алгебраического уравнения (12) появляются комплексно сопряжённые корни $x_{1,2} = g \pm i \times d$, поэтому решение уравнения (10) принимает вид:

$$- t = A \times \left[\ln \frac{|x - x_3|}{\sqrt{(x - g)^2 + d^2}} - \frac{x_3 - g}{d} \times arctg \frac{x - g}{d} \right] + Const, \qquad (14)$$

где $A = \dfrac{1}{(x_3 - g)^2 + d^2}$.

При построении обоих видов решений — как (11), так и (14), корни уравнения (12) находятся по известной формуле Кардано:

$$x = \sqrt[3]{\frac{a}{2} + \sqrt{\frac{a^2}{4} - \frac{1}{27}}} + \sqrt[3]{\frac{a}{2} - \sqrt{\frac{a^2}{4} - \frac{1}{27}}}.$$

Используя точные решения (8), (11) и (14), можно описать поведение RNC-цепочки под воздействием различных меандров входного напряжения. Например, рассмотрим следующее входное напряжение:

$$U(t) = \begin{cases} U_0, & 0 < t < T_1 \\ 0, & T_1 < t < T \end{cases}, \qquad (15)$$

продолженное затем периодически $U(t+T) = U(t)$ с периодом T на положительную ось времени.

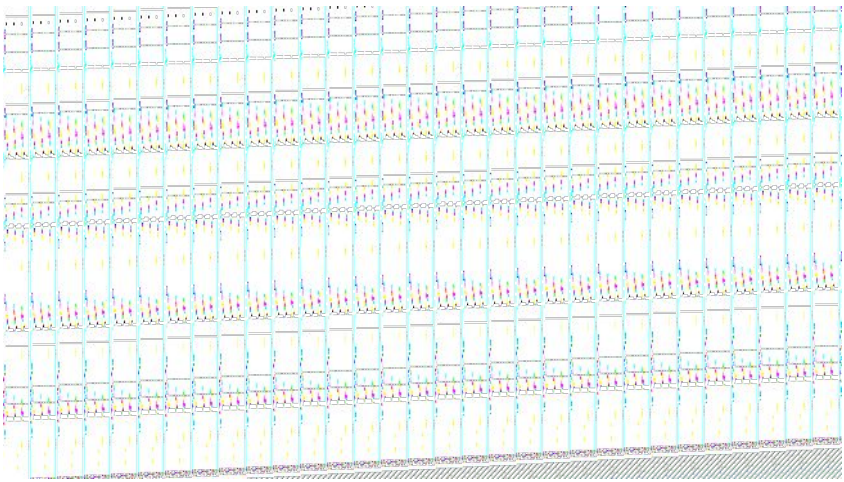


Рис.2 Периодический кусочно-постоянный безразмерный входной сигнал и соответствующие ему в каждый момент времени физические величины в RNC-цепочке.

На рис. 2 для напряжения (15) с безразмерными временными параметрами $t_1 = a \times T_1 / R = 0{,}73$ и $q = a \times T / R = 5{,}0$ представлены безраз-

мерное напряжение (5) на NC – конденсаторе, протекающий через RNC-цепочку безразмерный ток $dx(t)/dt$, совпадающий с безразмерным напряжением на сопротивлении, безразмерный заряд $x(t)$ на NC – конденсаторе и безразмерная электрическая энергия (6) в NC – конденсаторе. Безразмерная амплитуда меандра $a = 0{,}25$. В этом случае уравнение (12) имеет три вещественных корня, поэтому для вычисления зависимости $x(t)$ при $t \in [0, t_1]$ использовалась формула (11). В качестве начального условия бралось значение $x_0 = 1$.

3. Точные решения уравнения движения для RNC-цепочки в случае экспоненциально растущего входного напряжения

Следуя известным [11] правилам обращения с уравнением Абеля первого рода, введём в уравнении (4) новые переменные:

$$x = \frac{1}{2} \cdot (1 - \exp(2 \cdot t)), \quad x(t) = \exp(t) \cdot h(x), \tag{16}$$

тогда уравнение (4) перепишется в следующем виде:

$$\frac{dh}{dx} = h^3 - \exp(-3 \cdot t) \cdot u(t), \tag{17}$$

а его начальное условие не изменится: $h|_{x=0} = x_0$. Заметим далее, что если $-\exp(-3 \cdot t) \cdot u(t) = A_0^3 = const$, то есть если $u(t) = -A_0^3 \cdot \exp(3 \cdot t)$, то тогда уравнение (17) сведётся к уравнению с разделяющимися переменными:

$$\frac{dh}{dx} = h^3 + A_0^3. \tag{18}$$

Общее решение уравнения (18) есть:

$$3 \cdot A_0^2 \cdot x = \ln \frac{|h + A_0|}{\sqrt{h^2 - A_0 \cdot h + A_0^2}} + \sqrt{3} \cdot arctg \frac{2 \cdot h - A_0}{\sqrt{3} \cdot A_0} + Const. \tag{19}$$

Это означает, что в этом случае точное решение исходного уравнения (4) может быть представлено в неявном виде:

$$t(h) = \ln \sqrt{1 - 2 \cdot x(h)}, \quad x(h) = h \cdot \sqrt{1 - 2 \cdot x(h)}. \tag{20}$$

Применяя решения (8) и (20), можно исследовать поведение нашейRNC-цепочки под воздействием периодического входного напряжения, например, следующего вида:

$$u(t) = \begin{cases} -A_0^3 \cdot \exp(3 \cdot t), & 0 < t < t_1 \\ 0, & t_1 < t < q \end{cases}, \quad u(t + q) = u(t). \tag{21}$$

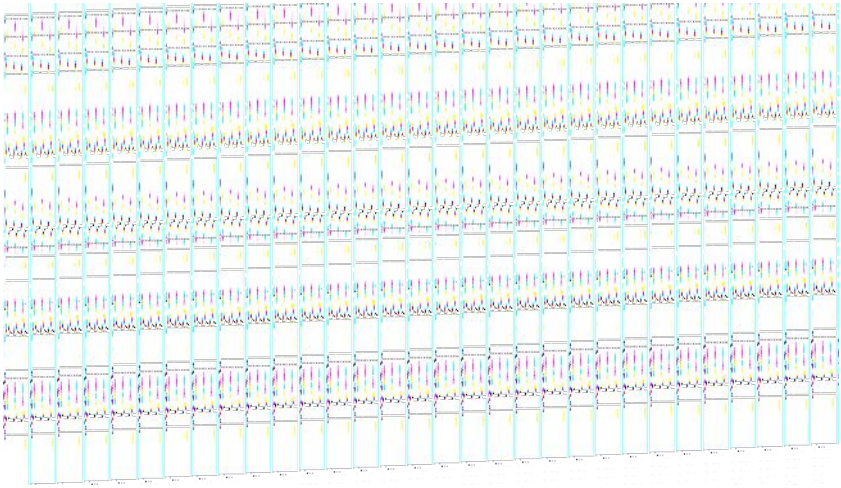


Рис.3 Периодический экспоненциально растущий безразмерный входной сигнал и соответствующие ему в каждый момент времени физические величины в RNC-цепочке.

Результат воздействия безразмерного напряжения (21) с параметрами $A_0 = -0{,}3$, $t_1 = 1{,}02$ и $q = 4{,}0$ на исследуемую систему представленна рис. 3. В качестве начального условия было взято $x_0 = 1$.

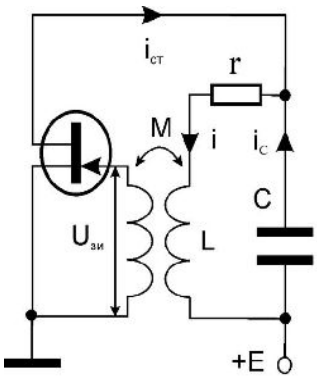


Рис.4 Генератор Ван-дер-Поля.

Особо отметим, что экспоненциально растущий входной сигнал может быть получен переносом на нулевую частоту сигнала обычного генератора Ван-дер-Поля, электрическая схема которого представлена на рис. 4, на линейной стадии генерации, а необходимая для справедливости раз-

витой выше теории величина его инкремента $3\times a/R$ получается подбором параметров генератора в известном условии его самовозбуждения [12], то есть должно быть выполнено условие:

$$\frac{3\times a}{R}=\frac{1}{2}\times\left(\frac{S\times M}{\sqrt{L\times C}}-r\times\sqrt{\frac{C}{L}}\right), \qquad (22)$$

где S — крутизна стоко-затворной характеристики применённого в генераторе полевого транзистора, а смысл остальных обозначений в формуле (22) ясен из рис. 4.

3. Прохождение через RNC-цепочку сигналов специального вида

Образование последовательных по времени комбинаций найденных в предыдущих пунктах точных решений уравнения (4) позволяет исследовать воздействие на RNC-цепочку довольно широкого набора входных напряжений.

В качестве простейшего примера такого комбинирования рассмотрим простейший сигнал специального вида:

$$u(t)=\begin{cases}-A_0^3\times\exp(3\times t), & 0<t<t_1\\ -A_0^3\times\exp(3\times t_1), & t_1<t<t_2\\ 0, & t_2<t<\theta\end{cases}, \quad u(t+\theta)=u(t). \qquad (23)$$

Рис.5 Периодический безразмерный входной сигнал специального вида и соответствующие ему в каждый момент времени физические величины в RNC-цепочке.

На рис. 5 показана реакция RNC-цепочки на безразмерное периодическое входное напряжение (23) с параметрами $A_0 = -0{,}3$, $t_1 = 1{,}02$, $t_2 = 1{,}63$ и $q = 6{,}0$. Поскольку при $t \in [t_1, t_2]$ амплитуда входного напряжения $a = 0{,}577 > \sqrt{4/27}$, то на этом интервале времени для определения заряда использовалась формула (14). Начальное условие $x_0 = 1$.

Заключение

В представленной работе развит метод описания прохождения через RNC-цепочку широкого класса физически реализуемых периодических сигналов. Ближайшей перспективой развития этого метода является построение численно-аналитических алгоритмов исследования коэффициентов нелинейных искажений в RNC-цепочке по току и по напряжению, в частности, сравнение значения этого параметра на входе в RNC-цепочку с его значением на её выходе.

Важным условием успешного вхождения российских электронных предприятий на рынок устройств на базе интегрированных сегнетоэлектриков является наличие у них систем автоматизированного проектирования этих последних, полностью открытых для отечественного пользователя. Результаты, изложенные в данной статье, могут быть использованы в качестве теоретического обоснования ряда ключевых фрагментов подобных систем.

Перечень сегнетоэлектрических материалов, в которых возможен эффект отрицательной ёмкости, постепенно расширяется: например, в статье [13] описан NC-конденсатор из титаната бария $BaTiO_3$ и титаната стронция $SrTiO_3$. Таким образом, первоочередной задачей является получение российских образцов NC-конденсаторов. Для целенаправленного движения в этом направлении необходимо, опираясь на новейшие достижения отечественной школы по физике сегнетоэлектриков [14], понять причины термодинамической устойчивости состояния с отрицательной ёмкостью.

Библиографический список

1. Jo J. et al. Negative Capacitance in Organic/Ferroelectric Capacitor to Implement Steep Switching MOS Devices //Nano Letters. 2015. V. 15. P. 4553−4556.

2. Dasgupta S. et al. Sub-kT/q Switching in Strong Inversion in $Pb(Zr_{0,52}Ti_{0,48})O_3$ Gated Negative Capacitance FETs // IEEE Journal on Exploratory Solid-State Computational Devices and Circuits. 2015. V. 1. P. 43-48.

3. Pahwa G. et al. Analysis and Compact Modeling of Negative Capacitance Transistor with High ON-Current and Negative Output Differential Resistance — Part I: Model Description // IEEE transactions on electron devices. 2016. V. 63. N.12. P. 4981-4985.

4. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Электродинамика сплошных сред. — М.: Наука, 1982. – 624 с.: ил. — (Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика, т. VIII).

5. Khan A.I.,Bhowmik D., Yu P. et al.Experimental evidence of ferroelectric negative capacitance in nanoscale heterostructures // Appl. Phys. Lett. 2011. V. 99. P. 113501-1-3.

6. Воротилов К.А., Мухортов В.М., Сигов А.С. Интегрированные сегнетоэлектрические устройства / Под ред. А.С. Сигова. — М.: Энергоатомиздат, 2011. – 174 с.: ил.

7. Kostromina O.S., Rakut I.V., Rassadin A.E.On the possibility of experimental observation of phase portrait of Duffing-van der Pol equation with the “homoclinic figure-eight” // International conference “Shilnikov WorkShop-2016”, dedicated to the memory of L.P. Shilnikov. 2016. P. 10-11.

8. Костромина О.С., Рассадин А.Э., Тронов А.А. Об использовании конденсаторов из цирконата-титаната свинца с отрицательной ёмкостью в радиотехнических устройствах // VII-я Всероссийская конференция молодых ученых «Микро-, нанотехнологии и их применение» им. Ю.В. Дубровского (Черноголовка, 6-9 февраля 2017 г.). Сборник тезисов. С. 17-18.

9. Костромина О.С., Потапов А.А., Ракуть И.В., Рассадин А.Э. Коэффициент нелинейных искажений по напряжению в колебательном контуре с сегнетоэлектрическим конденсатором с отрицательной ёмкостью // Proc. 10-th Int. Scientific Conf. «Chaos and Structures in Nonlinear Systems. Theory and Experiment», devoted to the 75th anniversary of Prof. Z. Zhanabaev (Kazakhstan, Almaty, June 16 – 18, 2017).- Almaty: Al-FarabiKazakhNationalUniversity, 2017. P. 315 – 320.

10. Костромина О.С., Потапов А.А., Рассадин А.Э., Тронов А.А. Диссипативные процессы в колебательном контуре с сегнетоэлектрическим конденсатором с отрицательной ёмкостью // Proc. 10-thInt. Scientific Conf. «Chaos and Structures in Nonlinear Systems. Theory and Experiment», devoted to the 75th anniversary of Prof. Z. Zhanabaev (Kazakhstan, Almaty, June 16 – 18, 2017).- Almaty: Al-FarabiKazakhNationalUniversity, 2017. P. 321 – 327.

11. Камке Э. Справочник по обыкновенным дифференциальным

уравнениям. — М.: Наука, 1971. – 576 с.: ил.

12. Мигулин В.В., Медведев В.И., Мустель Е.Р., Парыгин В.Н.Основы теории колебаний. — М.: Наука, 1988. – 392 с.: ил.

13. Appleby D. J. R. et al. Experimental observation of negative capacitance in ferroelectrics at room temperature // Nano Lett. 2014. V. 14. P. 3864–3868.

14. Bratkovsky A.M., Levanuyk A.P. Continuous theory of ferroelectric states in ultrathin films with real electrodes // arXiv:0801.1669v4 [cond-mat.mtrl-sci].

PASSING OF PERIODIC SIGNALS OF A SPECIAL TYPE THROUGH FERROELECTRIC CAPACITOR WITH NEGATIVE CAPACITANCE

© O.S. Kostromina[1], A.A. Potapov[2], I.V. Rakut[1], A.E. Rassadin[3], A.A. Tronov[3]

[1]LobachevskyStateUniversity of Nizhny Novgorod,Nizhny Novgorod,Russia
[2]Kotel'nikov Institute of Radio Engineering and Electronics of Russi-anAcademy of Sciences, Moscow, Russia
[3]Nizhny Novgorod Mathenatical Society, Nizhny Novgorod, Russia
e-mail: os.kostromina@yandex.ru, potapov@cplire.ru, rakut@nirfi.unn.ru, brat_ras@list.ru, tronovaa@yandex.ru

Abstract. In the report the bilayer ferroelectric structure as capacitor possessing by negative capacitance connected to a voltage source through an external series resistor has been considered. The numerically-analyticalmethod of solution of the equation for an electriccharge on such ferroelectric capacitor hasbeen developed.Figures of the electric fluctuations arising under activation of this circuitby periodic signalsof specialformhave been presented.

Keywords. Integrated ferroelectrics,Landau-Ginzburg-Devonshire theory, the Abelian equation of the 1st kind.

УДК 620.1

ОЦЕНКА ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ПОВРЕЖДЕННОСТИ ПО ИЗЛУЧАЕМОМУ АКУСТИЧЕСКОМУ ПОЛЮ ПРИ УДАРНЫХ ИСПЫТАНИЯХ СТАЛЬНЫХ ОБРАЗЦОВ

© Р.В.Гольдштейн[1,2] чл.-корр. РАН, зав. лаб., П.Р.Нечипоренко[3], нач. управления, А.Л.Попов[1,4*] д.ф.-м.н., в.н.с., В.М.Козинцев[1] к.ф.-м.н., с.н.с., Д.А.Челюбеев[1] м.н.с., А.В.Попова[4] асп., В.В.Губин[3], вед.инженер.

[1]***ФГБУН «Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского Российской академии наук», пр-т Вернадского, д.101, корп.1, 119526 Москва, Россия***
[2]***ФГБОУВПО «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана», 2-я Бауманская ул., д.5, стр.1, 105005 Москва, Россия***
[3]***АО «ВНИКТИнефтехимоборудование», проспект Ленина 98Б 400078 г. Волгоград, Россия***
[4]***ФГБОУВПО "Московский государственный строительный университет", Ярославское шоссе, д.26,*** http://mgsu.ru/sveden/?***129337 Москва, Россия***

Аннотация. Представлен бесконтактный метод оценки эксплуатационной поврежденности материала конструкции по излучаемому акустическому полю при ударных испытаниях стальных балочных образцов. Проведено сопоставление результатов измерений спектральных характеристик образцов с данными по времени их эксплуатации. Полученная корреляция позволяет сделать вывод о возможности использования метода для контроля начала процесса структурной поврежденности металла.

Ключевые слова.Эксплуатационная поврежденность, ударное воздействие, затухающие колебания, спектральные характеристики, добротность.

Введение

Общим для многих видов повреждаемости сталей выступает снижение характеристик трещиностойкости, т.е. способности материала сопротивляться распространению трещин. Для оценки работоспособности такого оборудования (бывшего длительное время в эксплуатации) приходится использовать НД, которая предназначена нормировать исходные характеристики вновь изготавливаемого оборудования без учета фактора времени (изменение характеристик материала, из которого изготовлено оборудование, в процессе эксплуатации).

В литературе имеются ограниченные сведения о возможности использования физических методов для оценки степени структурной повре-

ждаемости металла в процессе эксплуатации[1,2].

Необходимость развития этих методов обусловлено тем обстоятельством, что при существенном охрупчивании металла возникает ситуация, когда размер «необнаруживаемых» дефектов средствами НК, ниже предела чувствительности средств дефектоскопического контроля. А без знаний состояния структурной повреждаемости металла конструкции дать достоверную оценку о работоспособности, сроках эксплуатации и ремонтопригодности затруднительно.

Прогноз по срокам дальнейшей эксплуатации такого оборудования можно сделать корректно только на основе мониторинга изменения характеристик сопротивления материала оборудования переходу в предельное состояние.

В качестве метода исследования металлов в лабораторных условиях проводились измерения спектральных характеристик колебаний образцов в излучаемом ими акустическом поле после локальных ударных воздействий. Наиболее структурно-чувствительной среди других спектральных характеристик является внутреннее трение, величина которого обусловлена, в основном, рассеянием энергии в процессе зернограничного проскальзывания в материале [3,4]. Изменения данной характеристики, выраженные через коэффициент потерь (или обратную ему величину - добротность) позволяет контролировать начальные стадии процесса структурной повреждаемости металла, в то время как другие характеристики сохраняют стабильные значения.

Возможности метода внутреннего трения (добротности) в плане реагирования на начальные стадии процесса структурной повреждаемости материалов требуют дальнейших исследований как методических, так и в части определения критериев связи параметров метода с характеристиками работоспособности материалов. В этой связи показательными являются эксперименты, выполненные в Лаборатории механики прочности и разрушения материалов и конструкций ИПМех РАН методом бесконтактной регистрации затухающих акустических колебаний, излучаемых образцом после ударного воздействия.

Описание образцов

В экспериментах использовались несколько балочных образцов одинаковых геометрических размеров из стали одной марки, эксплуатировавшихся в одинаковых условиях, но с разными сроками. Представленные для исследований образцы были пронумерованы цифрами от 1 до 8. На рис. 1 приведена фотография образцов. Габаритные размеры образцов: 300 × 20 × 4 мм.

Образцы под номерами 1, 7, 8 были изготовлены из проката стали 20; металл в эксплуатации не был. Образцы под номерами 2 – 6 были изготов-

лены из металла шлейфовых труб. Срок эксплуатации у них примерно одинаковый, - около тридцати лет. Точные сроки эксплуатации этих образцов, а также схемы их вырезки не предоставлялись.

Рис.1. Балочные образцы из стали с разными сроками эксплуатации.

Методика проведения экспериментальных измерений

Измерения выполнялись стенде состоявшем из ударного устройства, двух направленных микрофонов 130D20, соединенных с двухканальным спектроанализатором A19-U2, ЭВМ с программой Zetlab для обработки акустической информации и нитяного подвеса для образцов (рис.2).

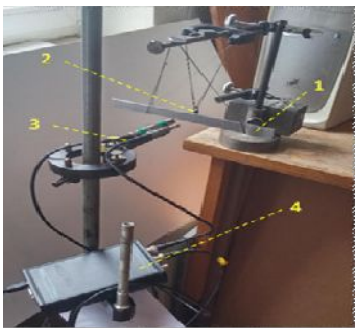


Рис.2. Измерительная установка: 1 – образец, 2 – ударник,
3 – измерительные микрофоны 130D20, 4 – спектроанализаторA19-U2.

Применение ударного устройства в виде закаленного стального шарика на нитяном подвесе с ограничителем начального отклонения, обеспечивающего постоянство силы удара и точки его приложения, оказалось предпочтительнее, чем применение ударного молотка, имеющегося в комплекте двухканального спектроанализатора A19-U2. К освободившемуся измерительному каналу был подключен дополнительный микрофон, что удвоило объем снимаемой акустической информации.

На рис. 3 представлена типичная запись (с помощью программы Zet-lab) амплитудно-временной зависимости затухающего акустического давления с микрофона на расстоянии 40 мм от образца после ударного воздействия; время записи – 0,4 с (0,2 с до ударного воздействия и 0,2 с после него) отмечено по горизонтальной оси, амплитуда акустического давления, выраженная в мВ, - по вертикальной оси.

На рисунке 4 показан спектр затухающего колебания, рассчитанный по записи амплитудно-временной зависимости, показанной на рис.3(по горизонтальной оси отложена частота в Гц, по вертикальной - амплитуда в мВ).

Для каждой из зарегистрированных собственных частот в спектре затухающего колебания по алгоритму, заложенному в программное обеспечение спектроанализатора, вычислялось значение добротности колебаний и аппаратная погрешность этого значения в процентах.

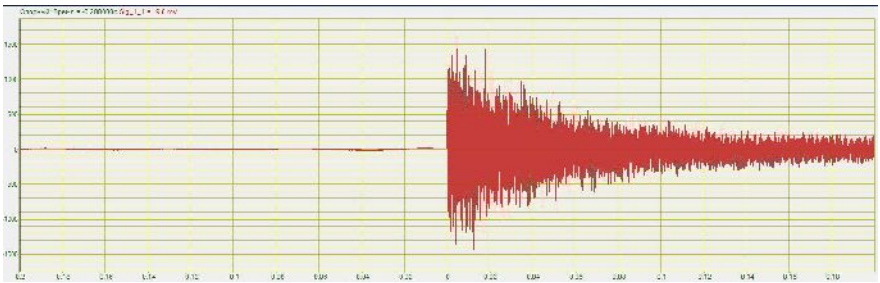


Рис.3. Затухающие колебания одного из образцов: по горизонтальной оси - время в секундах, по вертикальной – амплитуда акустического давления в мВ.

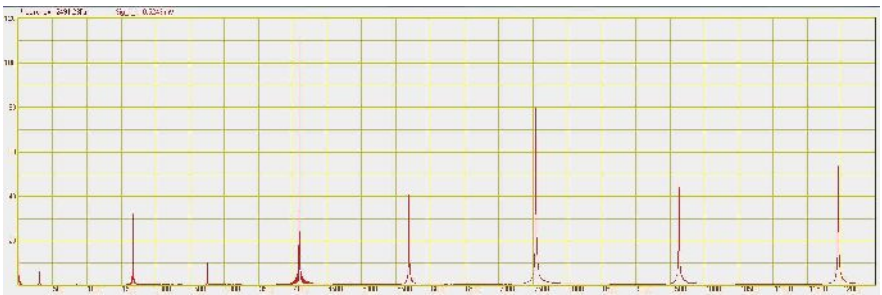


Рис. 4. Спектр затухающего колебания, рассчитанный по записи с рис. 3: по горизонтальной оси - частота в Гц, по вертикальной - амплитуда в мВ.

Определение добротности для отдельных частот спектра многочас-

тотного затухающего колебания производилось в соответствии с ГОСТ Р ИСО 13373-2-2009 «Контроль состояния и диагностика машин. Вибрационный контроль состояния машин. Часть 2. Обработка, анализ и представление результатов измерений вибрации».

В таблице 1 представлены результаты измерения добротности (Q) для одного из образцов (№6) в серии из 10 испытаний для спектральной линии 4096 Гц, наиболее ярко выраженной в спектре на рис. 4. В первой строке приведены номера испытаний, во второй – значения добротности, в третьей - аппаратная погрешность при определении добротности в процентах.

Таблица 1. Добротность образца № 6 в серии из 10 испытаний.

№ испыт.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Q	1868	1898	1852	1951	1899	1926	1840	1979	1870	1833
ΔQ %	2	3	3	3	3	3	2	2	2	2

Среднее значение добротности для данного образца $\langle Q_6 \rangle = 1892$ со среднеквадратическим отклонением 36.

Результаты испытаний и их анализ

В таблице 2 приведены значения средней добротности по всем образцам, полученные по результатам десяти испытаний на каждый образец.

Таблица 2. Значения средней добротности по 8 образцам

№ образца	1	2	3	4	5	6	7	8
<Q>	2395	1734	2045	2105	2201	1892	2317	2389

Результаты измерений, отражённые в табл. 2, показали относительно небольшой разброс в пределах ±3% от среднего значения измеряемой величины.

В ходе измерений установлено, что по величинам добротности образцы металла, бывшего в эксплуатации, и образцы металла в состоянии поставки значимо (до 30%) отличаются друг от друга. Распределение значений добротности по образцам, сгруппированное по срокам эксплуатации и, предположительно, по уровню эксплуатационной нагруженности представлено на рисунке 5 в форме диаграммы.

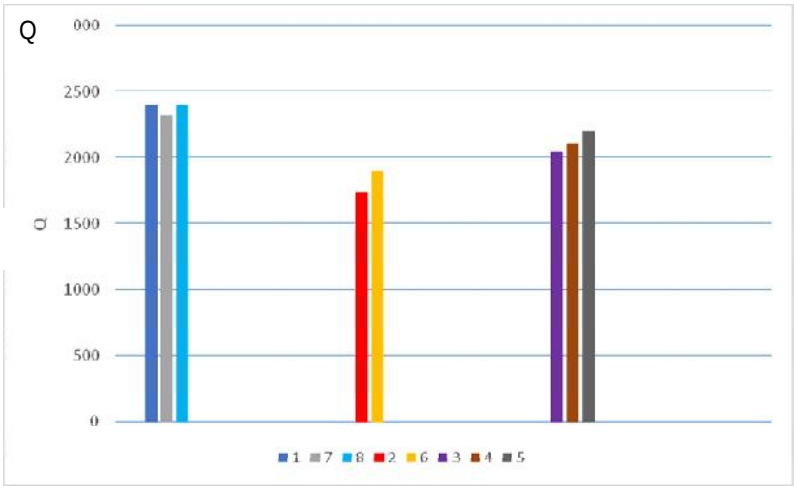


Рис.5. Распределение значений добротности по образцам, сгруппированное по срокам эксплуатации: слева - образцы № 1, 7, 8, не бывшие в эксплуатации, в центре - образцы № 2, 6 со сроком эксплуатации около 30 лет, справа образцы №3 - 5 со сроком эксплуатации около 30 лет, но, предположительно, с меньшим, чем у образцов №2, 6 уровнем эксплуатационной нагруженности.

Полученные результаты испытаний следует считать предварительными ввиду того, что целый ряд существенных для методики условий выполнить не удалось. Так, образцы были изготовлены из стали разных марок, а весь металл, бывший в эксплуатации, отслужил практически одинаковый срок. Тем самым, сравнение образцов оказалось не полностью корректным, а вывод об изменении добротности металла, бывшего в эксплуатации, следует считать качественным.

Заключение

Разработаны методика и устройство для проведения испытаний балочных образцов на добротность колебаний.

Выполнены испытания по измерению добротности многочастотных свободных затухающих колебаний стальных балочных образцов в лабораторных условиях.

По результатам тестовых измерений можно сделать заключение, что опробованную методику и измерительную систему определения добротности затухающих колебаний балочных образцов можно использовать как индикатор начальной эксплуатационной повреждённости материала.

Библиографический список

1. H. V. Krechkovs'ka. Fractographic signs of the in-service degradation of welded joints of oil mains/ H. V. Krechkovs'ka, S.R.Yanovs'kyi, O.Z. Student, H. M. Nykyforchyn. Materials Science. September 2015, Volume 51, Issue 2, pp. 165-171.
2. Canella G., Taddei M. Correlation between ultrasonic and fracture toughness of steels // Modestructure characterictics of materials. II Procceding of 2-nd International symposium. Montreal. Jully 21-23. 1986, pp. 261-269.
3. S. G. Allison. Nondestructive evaluation of temper-embrittlement in HY-80 / S. G. Allison, W. T. Joat, J. H. Cantrell, D. F. Hansson // Review of Progress. Nondestructive evaluation: 2-nd half procceding 14-th Nondestructive evaluation. Williamsburg. June 22-26. 1987, Volume 7B, 1988, pp. 1463-1472.
4. Ниблетт Д., Уилкс Дж. Внутреннее трение в металлах, связанное с дислокациями // Успехи физических наук. 1963, Т. LXXX, вып.1, С. 125—188.

ASSESSMENT OF OPERATIONAL DAMAGE BY THE ACOUSTIC FIELD EMITTED IN THE BLOW TEST OF STEEL SAMPLES

©R.V.Goldstein[1,2], P.R. Nechiporenko[3], A.L.Popov[1, 4*], V.M. Kozintsev[1], D.A. Chelubeev[1], A.V.Popova[4], V.V.Gubin

[1]A. Ishlinsky Institute for Problems in Mechanics of the Russian Academy of Sciences, Prospect Vernadskogo, 101-1, 119526 Moscow, Russia
[2] Bauman Moscow State Technical University,Vtoraya Baumanskaya street, 5 - 1, 105005 Moscow, Russia
[3]All-Russian Scientific, Researching and Construction Institute of Equipment for Oil Refining and Petrochemical Industry, Prospect Lenina 98[B], 400078,Volgograd, Russia
[4]Moscow State University of Civil Engineering, Yaroslavskoe highway, 26, http://mgsu.ru/sveden/?*129337 Moscow, Russia*

Annotation.A non-contact method for assessing the operational damage of a structural material by an emitted acoustic field during impact tests of steel beam samples from this material is presented.The results of measurements of the spectral characteristics of the samples with data of the time of their operation are compared. The correlations obtained allow us to conclude that the method can be used to cotrol the onset of the process of structural damage to a metal.

Key words. Operational damage, impact action, damped oscillations, spectral characteristics, Q-factor.

УДК 519.876.5

СИНХРОНИЗАЦИЯ ВРЕМЕНИ В РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СИСТЕМЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ РЛС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ HLA

©Зубцов А.О., Селянова И.А.
ПАО «НПО «Алмаз», Москва, Россия
e-mail: info@raspletin.com

Аннотация. В данной статье представлена организация распределенной имитационной системы моделирования. Раскрыто назначение архитектуры высокого уровня – HLA и инфраструктуры времени выполнения – RTI, используемые при организации распределенного моделирования. Представлено описание системы распределенного моделирования, состоящей из федератов «Налет», «Модель Физического Пространства» и «Радиолокационная станция» с реализацией алгоритма синхронизации федератов между собой, при условии, что каждый федерат является регулирующим время и сдерживаемым по времени.

Ключевые слова. Распределенная имитационная система моделирования, архитектура высокого уровня – HLA, инфраструктура времени выполнения – RTI, федерат, федерация, регулирующие время федераты, сдерживаемые по времени федераты.

TIME MANAGEMENT IN DISTRIBUTED IMITATION SIMULATION OF MULTIFUNCTIONAL RADAR STATION USING HLA TECHNOLOGY

©Zubtsov A.O., Selyanova I.A.
Main special design bureau of Raspletin "Almaz" air defence corporate group Open joint-stock company, Moscow, Russia
e-mail: info@raspletin.com

Abstract. This article presents the organization of a distributed imitation system of simulation. The main tasks solved by it are listed.Describes the design of the high-level architecture - HLA and the runtime infrastructure - RTI, used in organizing distributed modeling. A comparison is made between the four mechanisms for ordering messages exchanged between imitation models - federates, and the most appropriate mechanism for ordering by timestamps was chosen from these mechanisms. The implementation of a distributed modeling system consisting of federates "Raid", "Model of Physical Space" and "Radar Station" with implementation of the algorithm for synchronizing federates among themselves is provided, provided that each federate is time regulating and time-constrained.

Keywords. Distributed modeling system, High-level architecture - HLA, runtime infrastructure - RTI, federate, federation, way of ordering of messages, time-regulating federates, time-constrained federates.

УДК 004.624

ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ПОДСИСТЕМЫ СБОРА И АНАЛИЗА ДАННЫХ В СОСТАВЕ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СИСТЕМЫ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СТАНЦИИ

© Русакова А.С., Селянова И.А
ПАО «НПО «Алмаз», Москва, Россия
e-mail: info@raspletin.com

Аннотация. Описаны основные этапы создания компонента имитационного комплекса распределённого моделирования – подсистемы сбора и анализа данных на основе стандарта IEEE 1516 2010 (HLA). Данная подсистема предназначена для регистрации процесса моделирования и последующего сохранения значимой информации, полученной в ходе имитационного моделирования многофункциональной радиолокационной станции в базе данных. Рассмотрена реализация основных решений программного и технического обеспечения создаваемого компонента.

Ключевые слова. Имитационное моделирование многофункциональной радиолокационной станции, имитационный комплекс распределенного моделирования, стандарт HLA 1516 2010, проектирование компонента, функциональная архитектура, программная архитектура, алгоритм работы компонента, взаимодействие компонента с RTI.

DEVELOPMENT FEATURES OF THE DATA COLLECTION AND ANALYSIS SUBSYSTEM AS PART OF DISTRIBUTED SYSTEM OF SIMULATION MODELING OF MULTIFUNCTION RADAR STATION

©Rusakova A.S., Selyanova I.A.
Main special design bureau of Raspletin "Almaz" air defence corporate group Open joint-stock company, Moscow, Russia
e-mail: info@raspletin.com

Abstract. The main stages of creation a distributed simulationmodeling system component are described. This component is the subsystem of data collection and analysis developed using the IEEE 1516 2010 standard (HLA). This subsystem is designed for registration of the modeling process and saving the relevant information in the database obtained during the simulation of multifunction radar station. Implementation of the main software and hardware solutions for the new component is considered.

Keywords. Simulation modeling of multifunction radar station, distributed simulation modeling system, IEEE 1516 2010 standard (HLA), subsystem design, functional architecture, program architecture, componentfunctioning algorithm, subsystem interaction with RTI.

УДК 621.3.09

ФОРМИРОВАНИЕ ДВУМЕРНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ ОБЪЕКТОВ СО СВЕРХРАЗРЕШЕНИЕМ

© Лаговский Б.А., Чикина А.Г.
Московский технологический университет Москва, Россия
e-mail:Robertlag@yandex.ru, annet.chikina@gmail.com

Аннотация. Предложен, теоретически обоснован и проверен в ходе численных экспериментов на математической модели новый метод цифровой обработки радиолокационных сигналов, позволяющий получать двумерные изображения объектов со сверхразрешением при дистанционном зондировании. Метод основан на решении линейного интегрального уравнения Фредгольма первого рода типа двумерной свёртки алгебраическими методами.

Ключевые слова. Угловоесверхразрешение, регуляризация обратных задач, критерий Рэлея, интегральное уравнение Фредгольма типа свёртки.

Важным направлением совершенствования систем дистанционного зондирования является повышение их информативности. Существенный шаг в этом направлении – увеличение эффективной угловой разрешающей способности за счёт новых методов цифровой обработки отражённых или излучаемых объектами наблюдения сигналов.

В настоящее время во многих странах совершенствуются и внедряются методы обработки сигналов, позволяющие достигать сверхразрешения. Это, например, метод обратной свертки сигналов, метод фазовых взвешивающих коэффициентов, метод углового взвешивания. Наиболее популярны сейчас методы MUSIC (MUltipleSIgnalClassification), ESPRIT, метод максимальной энтропии (ММЭ) Берга, метод «теплового шума», метод Борджотти-Лагунаса [1-4].

Упомянутые методы не являются универсальными и далеко не всегда эффективны. Они обычно успешно работают при отношении сигнал/шум не ниже 20 дБ. Для дальнейшего увеличения разрешения в два раза требуется обеспечить увеличение отношения сигнал/шум на порядок. Кроме того, их быстродействие недостаточно для работы в режиме реального времени.

1. Постановка двумерной задачи

Обобщение большинства приведенных выше методов достижения сверхразрешения на двумерные задачи существенно усложняет алгоритмы, резко повышает время обработки сигналов. Для получения удовлетворительных результатов иногда требуется использование параллельных про-

цессоров [5].

Пусть в секторе обзора системы дистанционного зондирования Ω_0 расположен объект наблюдения с неизвестными конечными угловыми размерами W. Используется узкая диаграмма направленности (ДН) $f(\alpha,b)$, где α,b- углы отклонения от направления, принятого за нулевое.

Неизвестное двумерное угловое распределение излучаемого источником сигнала обозначим $I(\alpha,b)$. Тогда на выходе приёмного устройства при сканировании получим зависимость огибающей сигнала в виде $U(\alpha,b)$. Связь величин I, Uи fвыражается в виде линейного интегрального уравнения (ЛИУ) Фредгольма первого рода типа двумерной свёртки:

$$U(a,b)=\iint_{W} f(a-a',b-b')I(a',b')da'db', \qquad (1)$$

Поставленная задача состоит в восстановлении распределения Iна основе анализа принятого сигнала U и известной ДН системы fс максимально достижимым угловым разрешением, превышающим критерий Рэлея, т.е. со сверхразрешением. Задача относится к классу обратных и является некорректной, т.к. не удовлетворяет второму и третьему требованию корректности по Адамару.

2. Метод решения

Для приближенного решения двумерных задач восстановления изображений источников используем разработанные и обоснованные в [6-10] алгебраические методы решения. Они заключаются в представлении приближённых решений в виде конечных разложений по задаваемым последовательностям функций с неизвестными коэффициентами:

$$I(a,b)\approx\sum_{n=1}^{N}\sum_{m=1}^{N} b_{n,m}g_n(a)g_m(b) \qquad (2)$$

Тогда принятый сигнал получим в виде:

$$U(a,b)\approx\sum_{n,m=1}^{N} b_{n,m}j_{n,m}(a,b) \quad , \qquad (3)$$

$$j_{n,m}(a,b)=\iint_{W} f(a-a',b-b')g_n(a')g_m(b')da'db' \quad m,n=1,2\ldots N \qquad (4)$$

Таким образом, проведена параметризация обратной задачи, и её решение сведено к поиску коэффициентов разложения$b_{n,m}$.

Неизвестные коэффициенты $b_{n,m}$, найдём из условия минимального среднеквадратичное отклонение синтезированного сигнала от принятого:

$$\iint_{W}\left(U(a,b)-\sum_{n,m=1}^{N} b_{n,m}j_{n,m}(a,b)\right)^2 dadb \qquad (5)$$

В итоге, коэффициенты b находятся из системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ), $j,k=1,2\ldots N$

$$\int_{\Omega} U(a,b)\varphi_{j,k}(a,b)dadb = \sum_{n,m=1}^{N} b_m \int_{\Omega} \varphi_{j,k}(a,b)\varphi_{n,m}(a,b)dadb \qquad (6)$$

Полученные СЛАУ плохо обусловлены. С увеличением числа используемых в разложении (2) функций решения становятся всё менее устойчивыми. Предельное разрешение ограничивается уровнем случайных составляющих в исследуемом сигнале, точностью измерений и точностью задания ДН измерительной системы.

3. Результаты численных экспериментов

Количественные характеристики увеличения разрешения и его пределы исследовались на математической модели плоской квадратной антенной решётки. Исследуемый объект задавался в виде углового распределения амплитуды отражаемого сигнала равной нулю вне телесного угла, равного ширине ДН $q_{0,5}$ и в виде четырёх близких к точечным источников с различной амплитудой в пределах этого сектора.

На следующем этапе моделирования решалась обратная задача - восстановление по полученным значениям U углового распределения амплитуды источника сигналов посредством решения системы (6).

На рис.1 приведен сигнал U, полученный при сканировании сектора Ω_0.

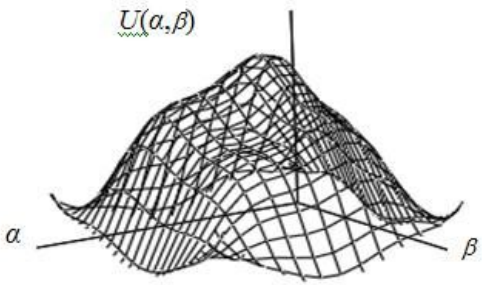


Рис.1. Принятый сигнал.

Объекты не разрешены при прямом наблюдении. Получено плавное усреднённое по сектору распределение интенсивности излучения источника, не отражающее истинной картины.

На рис.2 приведены результаты обработки сигнала па основе представленного алгебраического метода. В качестве систем ортогональных функций использовались ступенчатые функции с шагом $\Delta\alpha$ и Δb, соответствующим искомому угловому разрешению.

Показаны восстановленные изображения источников сигналов с максимально достигнутым уровнем сверхразрешения.

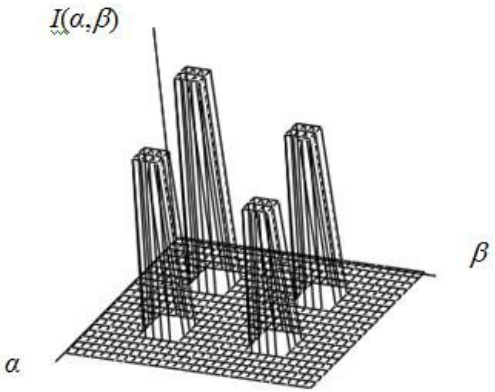


Рис.2.Результаты восстановления изображения четырёх точечных источников сигналов.

Полученное решение со сверхразрешением адекватно воспроизводит положение и амплитуду отраженного сигнала каждого источника в групповой цели. Критерий Рэлея превышен в 4 раза.

Обоснованы и проверены в ходе численных экспериментов на математической модели новые алгоритмы цифровой обработки двумерных сигналов, позволяющие повысить эффективную угловую разрешающую способность систем наблюдения на основе приближённого решения интегральных уравнений Фредгольма и довести её до сверхразрешения.

Библиографическийсписок

1. Nickel U. R. Aspects of implementing super-resolution methods into phased

array radar. // *AEU: Int. J. Electron, and Commun.* V. 53, No 6, 315-323, 1999.

2. Herman M. A., Strohmer T. High-resolution radar via compressed sensing. //

IEEE Trans. Signal Processing.Vol. 57, No 6, 2275–2284, 2009.

3. Weixing S., Dagang F., Zhenglong Y., Zhan L. Super-resolution for real radar

aperture. // *J. Nanjing Univ. Sci. and Technol. Natur. Sci.,* Vol. 24, No 4, 289-

295. 2000.

4. Lagovsky B., Samokhin A., Shestopalov Y. Increasing The Effective AngularResolution Measuring Systems Based on Antenna Arrays. // Proceedings of the 2016 URSI International Symposium on Electromagnetic Theory (EMTS), Espoo, Finland, 2016, p. 432 - 434.

5. Евдокимова Н.А., Ягола А.Г. Применение многопроцессорных систем для решения двумерных интегральных уравнений Фредгольма первого рода типа свёртки для векторных функций. // Вычислительные методы и программирование. – 2009. Т. 10, с. 263-267.

6. Лаговский Б.А., Самохин А.Б., Самохина А.С. // Формирование изображений радиолокационных целей со сверхразрешением алгебраическими методами. // Успехи современной радиоэлектроники. – 2014, № 8, с. 23-27.

7. Lagovsky B.A. Superresolution: Simultaneous Orthogonalization of Function Systems Describing the Received Signal and its Source. // Progress In Electromagnetics Research Symposium, PIERS Proceedings 2012. p.993- 996.

8. Лаговский Б.А. Сверхразрешение на основе синтеза апертуры цифровыми антенными решетками. Антенны. 2013. № 6, - С. 9 -16.

9. Lagovsky B.A., Samokhin A.B. Image Restoration of Two-dimensional Signal Sources with Superresolution. // Progress In Electromagnetics Research Symposium Proceedings, Stockholm, Sweden, 2013 Aug. 12-15, pp. 315-319.

10. Lagovsky B.A. Creating two-dimensional images of objects with high angular resolution. // 24thInternation Crimean Conference “Microwave and Telecommunication Technology”. Conference Proceedings 2014. p. 1193-1194.

THE FORMATION OF TWO-DIMENSIONAL IMAGES OF THE RADAR TARGETS WITH SUPERRESOLUTION

© Lagovsky B.A., Chikina A.G.

Moscow Technological University, Moscow, Russia
e-mail:Robertlag@yandex.ru, annet.chikina@gmail.com

Abstract. A new method of digital processing of radar signals for solving remote sensing problems is proposed, which allows obtaining two-dimensional images of objects with superresolution. The method is based on solving a linear integral Fredholm equation of the first kind of the two-dimensional convolution type by algebraic methods

Keywords. Superresolution, inverse problems, the regularization problem, the Rayleigh criterion, the Fredholm integral equation.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРИВЕТСТВЕННОЕ СЛОВО ОРГКОМИТЕТА 4

СЕКЦИЯ №7. БЕЗОПАСНОСТЬ СИСТЕМ " ЧЕЛОВЕК-ТЕХНОЛОГИИ-ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА"

А.С. Сигов, С.А. Кудж, А.В. Рагуткин, Г.В. Куликов, С.Н. Замуруев, А.В. Трубицын, В.А. Телегин, В.А. Меньшиков, В.М. Шершаков, В.Н. Иванов, А.А. Позин, Ю.А. Полушковский, В.А .Телегин
Программа разработки, создания и эксплуатации учебно-научного центра космического Мониторинга «Космоцентр» на базе Московского технологического университета…….. 7

А.В. Фролов, А.С. Сигов, В.М. Кутузов, Г.К. Коротаев, Н.Н.Михайлов, Г.В. Куликов, А.В. Трубицын, С.Н. Замуруев, А.Г. Зацепин, В.В.Коваленко, В.А. Телегин, А.А. Каптюг
Комплекснаясистемамониторинга прибрежных акваторий и технология ее построения на основе принциповоперативной океанографии… 19

А.И. Баскаков, В.В. Егоров, А.А. Комаров, В.А. Телегин, В.А. Терехов
Выбор структурной схемы высокоточного радиовысотомера космического базирования …….. 37

В.А Гарбацевич, А.В. Ермошкин, И.И. Иванов, А.А. Каптюг, А.И. Пономарев, В.И. Рождественская, В.А. Телегин, А.В. Трубицын
Экспериментальная база для создания системы радиофизического мониторинга на основе полигона в акватории новороссийского порта 49

А.А. Каптюг, П.В. Метельков, А.Н. Орлов, В.А.Телегин, Г.Л. Черных
О создании обладающей повышенной точностью рлс мониторинга морской поверхности…….. 63

В.А.Панченко, Н.Ю.Романова , В.А. Телегин
Исследование мелкомасштабных анизотропных неоднородностей в ионосфере над москвой…….. 73

Д.Б. Рождественский, В.И. Рождественская, В.А.Телегин
Анализ вариаций критической частоты среднеширотной ионосферы с целью повышения эффективности дальней радиосвязи……... 85

С.В. Изюмов, В.А.Телегин
Современные тенденции в развитии методов обработки воды, совершенствовании технологии и применении технического мониторинга для повышения эффективности и безопасности технологий очистки воды……... 96

В.В. Меньшиков, О.Б. Чурсин
Перспективы создания бортового оборудования микро-космических аппаратов на основе применения новых технологий ……..... 102
В.А. Меньшиков, В.В. Меньшиков, Чурсин О.Б. 109
Перспективы использования международной космической станции в интересах развертывания международной аэрокосмической системы глобального мониторинга……..
В.А. Меньшиков, В.В. Меньшиков, О.Б. Чурсин 117
Исследование эффективности космических методов мониторинга потенциально опасных природных явлений и техногенных объектов в инфракрасном тепловом диапазоне при установке измерительных средств дистанционного зондирования на пилотируемом космическом комплексе……...
Ломаев Г.В., Рябов Ю.Г., Мурашова Д.С., Мышкин Ю.В.
Практика нормализации геомагнитного поля (гмп) в помещениях зданий и сооружений…….. 127
Ю.Г. Рябов, Г.В. Ломаев
Механизм вихревой эдс, индуцируемый вращающимся магнитным полем в окружающих телах……... 138
Ю.Г. Рябов, А.В. Трубицын, Г.В. Ломаев
Концепция и содержание проекта стандарта обеспечения безопасных и комфортных условий физических факторов в искусственной среде обитания…… 148
Рябов Ю.Г., Ломаев Г.В.
Нормы электромагнитной безопасности в жилых помещениях в отличии от комфортных условий, стандарта sbm – 2008…… 159
С.А. Сухоруков, В.В. Горячевский
Разрядники бывают разные. Часть 1…….. 172
С.А. Сухоруков, В.В. Горячевский
Разрядники бывают разные.Часть 2……. 183
С. А. Сухоруков
Объемная молния – поражающий фактор для критически важных объектов наземной инфраструктуры…… 193

А.В. Трофимов
Применение математических методов к решению задач мчс россии при проведении технико-экономических оценок пунктов временного размещения пострадавшего населения…….. 206

И. В. Беляков, С. А. Сухоруков, Горячевский В. В.,
вводно-защитные устройства взу-аб-уе и взу-аб-чке для грозозащиты микропроцессорной автоблокировки…… 211

С. А. Сухоруков
Пирамиды как сверхмощные электротехнические и радиотехнические установки. Часть 1…….. 220
С. А. Сухоруков
Пирамиды как сверхмощные электротехнические и радиотехнические установки. Часть 2…….. 231
Н.Н. Грачев, С.Н. Сафонов 240
Электромагнитные излучения базовых станций сотовой радиосвязи как фактор опасных воздействий на человека…….
Г.Н. Ахобадзе
О равновесии системы водный объект - часть атмосферы……. 251
А.В. Тельный
О возможности защиты информации по акустическому каналу при высокочастотном навязывании……. 256

СЕКЦИЯ №8.1-8.2. ПОДГОТОВКА ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КАДРОВ В ИННОВАЦИОННОМ УНИВЕРСИТЕТСКОМ КЛАСТЕРЕ

О.С. Абайдуллина, Н.Е. Карлина
Целесообразность и преимущество использования компьютерного перевода в системе лингвистической подготовки инженерных кадров в технических университетах……...….. 266
Н.Б. Богуш
Особенности и алгоритм практического использования имитационных методов в обучении профессиональному общению на иностранном языке…… 269
Е. А. Иванова
Многомерный анализ данных при интерпретации студентами иноязычного учебно-научного текста……..... 278
И.В. Лаврухина, И.Ш. Каппушева
Лингвистическая подготовка студентов в техническом вузе……..….. 284
Н.В. Катахова
Управление качеством лингвистической подготовки студентов в условиях ее диверсификации в вузе…….. 293
Ф.А. Нанай, Н.В. Катахова
Формирование профессиональных компетенций будущих инженеров в процессе обучения иностранному языку……..… 303
С.В.Колударова
Динамика целевого набора в мирэа (на примере предприятия ракетно-космической отрасли)……... 310

О.В. Книга, Е.О. Нун
Подготовка специалистов среднего звена в университетском кластере…. 315
Н.А.Миролюбова
Алгоритм анализа и перевода научно-технического текста в процессе обучения английскому языку студентов технического университета... 319
Ю.Я. Еленева, В.Н. Андреев, А.А. Сиганьков
Дополнительное профессиональное образованиепрофессорско-преподавательского состава образовательных организаций в условиях их сетевого взаимодействия с предприятиями ОПК……...…... 322
В. М. Алпатова, А. Ю. Александровская
В. И. Вернадский о необходимости изучения истории науки…… 330
Н.В. Дидык
Реализация инновационных обучающих технологий в процессе формирования поликультурной образовательной среды вуза……..… 334
Р.И.Дятлова
Стратегии автономного чтения в обучении иностранного языка в высшей школе…….. 338
Л.Д. Зобкова
Проблема взаимодействия корпоративного обучения и основного базового образования…….. 342
Л.К. Муромцева
Креативность в образовательном процессе как условие формирования современных профессиональных кадров …….. 346
Е.Е. Рыбакова
Потенциал прецедентного текста как средства обучения иностранному языку и интеграции в культуру изучаемого языка……. 349
Е.Е. Рыбакова, Т.В. Кудинова
Проблема реализации воспитательной функции вуза средствами обучения иностранному языку в рамках системы непрерывного образования... 352
А.С. Саванчук
Развитие метакомпетентностей бакалавров экономических специальностей в рамках курса "деловой английский язык"……..…… 356
Д. В. Смирнов
Об альтернативе современной системе образования…….. 361
И. Е. Соколов
Идеи м.в.ломоносова о пользе химии качествах специалиста в этой области……..….. 365
В.А. Дмитриева, Ю.В. Афонченкова
Употребление стилистических форм двойного отрицания как средства языковой коммуникации на примерах материалов современной немецкой прессы……..….. 369

Э.Ф. Ульянова, Д.В. Курсевич, А.А. Манджиев
Реализация принципа интерактивности в преподавании русского языка как иностранного в условиях поликультурного университетского кластера…….. 376
М.В.Рыбакова
Формирование социокультурной компетенции у магистрантов неязыкового вуза …… 383
Н.И. Чернова
Технологические возможности адаптивных коммуникативных технологий в системе непрерывной иноязычной подготовки в инновационном университетском кластере…….. 388
Л.Н. Кочеткова, Р.Г. Гусейн-заде
Высшее образование в эпоху инноваций…….. 393
Э.А. Арапова
Подготовка профессиональных кадров и новые формы обучения гуманитарным дисциплинам……..... 399
Л.А. Артюшина
Некоторые подходы к организации подготовки профессиональных кадров в вузе с помощью автоматизированных обучающих систем……. 402
Г.Р. Байтурина
Бюрократия и роль интеллектуалов в управлении…….. 409
И.В. Верезгова, С.В. Тихонова
Молодежь и образование: традиции и инновации…….. 415
О.А. Вольнякова
Вклад д.и.менделеева в развитие университетского образования 419
С.Г. Гладышева, С.В. Леонтьев
Об изменении роли философии в современном образовании 424
Н.В. Горушкина
Проблемы получения качественного образования по математике в технологическом университете……..….. 428
Ю.Я. Еленева, В.Н. Андреев
Дополнительное профессиональное образование профессорско-преподавательского состава образовательных организаций в условиях их сетевого взаимодействия с предприятиями ОПК……..... 430
Л.А. Зайцева
Профессиональные кадры для общества знаний……..….. 437
Л.Д. Зобкова
Корпоративный университет: особенности проектирования современной образовательной среды……..… 440

Л.Н. Кочеткова
Четвертая промышленная революция: социальные трансформации и новые требования к человеку……. 444
Л.Я. Маслина
Инстумент креативной технологии обучения – форма и результативность функционирования в учебном процессе……. 450
Л.Ф. Матронина
Проектно-образовательные технологии как факторповышения качества инженерного образования……..…... 454
В.Т. Матчин
Особенности вариативного тестирования мобилитив интенсивных образовательных макромедиа средах…… 459
Е.А. Никитина
Научная коммуникация в мультидисциплинарныхсообществах и стили мышления…….. 464
С.Б. Павлов
Гуманитарная составляющая высшеготехнического образования……...… 468

СЕКЦИЯ №9. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ МЕТОДЫ В РАДИОФИЗИКЕ

А.Б. Самохин, А.Е. Устинов
Методы решения задач электромагнитного рассеяния на трехмерных диэлектрических структурах…….. 572
В.И. Кузьмин В.И., А.Ф.Гадзаов
Эргодические свойства динамических систем как основа связи амплитудных и частотных характеристик сигналов…… 577
В.А. Пермяков, М.С. Михайлов, Е.С. Малевич
Моделирование распространения радиоволн над лесными массивами 585
О.С. Костромина, А.А. Потапов, И.В. Ракуть, А.Э. Рассадин, А.А. Тронов
Прохождение периодических сигналов специального вида через сегнетоэлектрический конденсатор с отрицательной ёмкостью……..… 592
Р.В. Гольдштейн, П.Р. Нечипоренко, А.Л. Попов, В.М. Козинцев, Д.А. Челюбеев, В.В. Губин
Оценка эксплуатационной поврежденности по излучаемому акустическому полю при ударных испытаниях стальных образцов……. 603
А.О. Зубцов, И.А. Селянова
Синхронизация времени в распределенной системе имитационного моделирования многофункциональной РЛС с использованием технологии HLA…… 610

А.С. Русакова, И.А. Селянова
Особенности разработки подсистемы сбора и анализа данных в составе распределенной системы имитационного моделирования многофункциональной радиолокационной станции……...…..… 611
Б.А. Лаговский, А.Г. Чикина
Формирование двумерных изображений радиолокационных объектов со сверхразрешением……...… 612