МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧЕРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ РАДИОТЕХНИКИ, ЭЛЕКТРОНИКИ И АВТОМАТИКИ»

МГТУ МИРЭА

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

Часть 1

II-ой Международной научно-практической конференции

«Актуальные проблемы и перспективы развития радиотехнических и инфокоммуникационных систем»

«РАДИОИНФОКОМ – 2015»

МОСКВА 2015

"Ничего важнее радио в технике за последние 100 лет не возникало."
Академик РАН Котельников В.А.

Руководство и весь коллектив Московского государственного технического университета радиотехники, электроники и автоматики (МГТУ МИРЭА) приветствует участников II 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 российской экономики - радиоэлектронной и телекоммуникационной отраслей, обеспечивающих функционирование всех жизненно важных элементов государственной инфраструктуры гражданского и оборонного назначения.

МГТУ 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.
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

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный технический университет радиотехники, электроники и автоматики» (МГТУ МИРЭА)

Московский научно-исследовательский институт радиосвязи

Институт радиотехники и электроники имени В. А. Котельникова РАН

ОАО «Головное системное конструкторское бюро Концерна ПВО «Алмаз-Антей» им. академика А.А. Расплетина»

ОАО «Концерн радиостроения «ВЕГА»

ОАО «Научно-производственный комплекс «Научно-исследовательский институт дальней радиосвязи»

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

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

Вильнюсский университет

Карлстадский университет

НТЦ «Космонит» ОАО «Российские космичекие системы»

ОАО «МАК «Вымпел»

ОАО «Оборонительные системы»

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

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

Часть 1

РАДИОИНФОКОМ – 2015

14-18 апреля 2015 года
Россия, г. Москва

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

С 23 В сборнике представлены материалы докладов Второй Международной научно-практической конференции "Актуальные проблемы и перспективы развития радиотехнических и инфокоммуникационных систем", отражающие результаты и направления теоретических и прикладных исследований в различных областях построения радиотехнических и телекоммуникационных систем.

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

Все материалы даются в авторской редакции.

Редакционная коллегия:

Куликов Г.В., Трубицын А.В., Битюков В.К., Нефедов В.И., Парамонов А.А., Замуруев С.Н., Котов А.Ф., Будагян И.Ф., Гусейн-Заде Н.Г., Сидорин В.В., Бородин А.М., Меньшиков В.А., Кочеткова Л.Н., Чернова Н.И., Самохин А.Б., Шестопалов Ю.В.

© Оргкомитет конференции

© МГТУ МИРЭА, 2015

ОРГКОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ

Сопредседатели:

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

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

Кудж Станислав Алексеевич — Ректор МГТУ МИРЭА, д.т.н.

Члены оргкомитета:

Верба В.С. — генеральный директор - генеральный конструктор ОАО "Концерн радиостроения "ВЕГА", д.т.н., профессор;

Куликов Г.В. — директор института РТС МГТУ МИРЭА, д.т.н., профессор;

Меньшиков В.А. — генеральный директор Международного комитета по реализации Проекта по созданию Международной Аэрокосмической системы Глобального Мониторинга, д.т.н., профессор;

Романов А.Б. — генеральный директор ОАО "Оборонительные системы", к.т.н.;

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

Сапрыкин С.Д. — генеральный конструктор ОАО НПК НИИДАР, к.т.н., профессор;

Слипченко Н.И. — проректор по научной работе Харьковского национального университета радиоэлектроники, д.т.н., профессор;

Ненартович Н.Э. — генеральный конструктор ОАО ГСКБ Концерна "Алмаз-Антей" им. академика А. А. Расплетина, к.т.н.;

Лобанов Б.С. – генеральный директор ФГУП «ЦНИРТИ им. акад. А. И. Берга», д.т.н., профессор

Соловьев И.В. — проректор по научной работе МГТУ МИРЭА, д.т.н., профессор;

Чернявский Г.М. — директор НТЦ Космонит ОАО "Российские космические системы", чл.-корр. РАН, д.т.н., профессор.

Нестеров А.В. - заместитель Генерального директора ОАО «МНИИРС».

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

Программный комитет:

Трубицын А.В. (председатель), Розанов В.С. (ученый секретарь);
Битюков В.К. , Нефедов В.И., Парамонов А.А., Замуруев С.Н., Котов А.Ф., Будагян И.Ф. , Гусейн-заде Н.Г. , Сидорин В.В. , Бородин А.М. , Чернова Н.И. , Кочеткова Л.Н. , Самохин А.Б. , Шестопалов Ю.В.

ПРИВЕТСТВЕННОЕ СЛОВО ОРГКОМИТЕТА КОНФЕРЕНЦИИ

Оргкомитет Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и перспективы развития радиотехнических и инфокоммуникационных систем» приветствует участников и гостей научного форума в стенах Московского государственного технического университета радиотехники, электроники и автоматики.

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.

МГТУ 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 придаём 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 её участникам реализовать задуманное.

Среди соорганизаторов конференции – наши зарубежные коллеги-университеты: Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Карлстадский университет (Карлстад, Швеция), Вильнюсский университет, академический партнер - Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН, Российское научно-техническое общество радиотехники, электроники и связи им. А.С. Попова, предприятия-партнеры МГТУ МИРЭА: НТЦ "Космонит" ОАО "Российские космические системы", ОАО "Головное системное конструкторское бюро Концерна ПВО "Алмаз-Антей" им. академика А.А. Расплетина", ФГУП «Центральный научно-исследовательский радиотехнический институт им. академика А.И. Берга», ОАО «Концерн радиостроения «ВЕГА», ОАО "Научно-производственный комплекс "Научно-исследовательский институт дальней радиосвязи", ОАО «Оборонительные системы», ОАО «МАК «Вымпел», ОАО «Московский научно-исследовательский институт радиосвязи».

Желаем участникам конференции плодотворного общения и новых научных результатов.

Оргкомитет

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

УДК 334
614.8

РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ВЫСОКОРИСКОВЫХ ОБЪЕКТОВ

Махутов Н.А., Гаденин М.М.
Рабочая группа при Президенте РАН по анализу риска и проблем безопасности

Проблематика обсуждений на заседаниях Рабочей группы при Президенте Российской академии наук по анализу риска и проблем безопасности, на Научных советах РАН, Комиссиях Научного совета при Совете Безопасности Российской Федерации, на Научном совете при Межгосударственном совете СНГ по чрезвычайным ситуациям в последние годы в значительной степени ориентирована на анализ, прогнозирование и предотвращение техногенных аварий и катастроф [1-9]. Результаты фундаментальных и прикладных исследований по проблемам техногенной безопасности и рисков являются основой перехода от традиционных методов и систем определения штатных и предельных состояний высокорисковых объектов по критериям прочности, ресурса и надежности к новым перспективным методам оценки рисков управления ими [10-20]. Одним из важных этапов решения проблемы безопасности и рисков становится взаимоувязанное развитие и использование комплексной системы диагностики и мониторинга состояния материалов и элементов конструкций в штатных и аварийных ситуациях, мониторинг формирующихся и реализуемых рисков их эксплуатации на всех стадиях жизненного цикла и автоматизированная работа комбинированных систем защиты рассматриваемых объектов от аварий и катастроф по мере выхода анализируемых рисков за пределы приемлемых и приближении их к предельным. При этом с учетом потенциальных опасностей и сложности эксплуатируемых объектов направления применения и развития методов диагностики и мониторинга во всей полноте целей их использования могут быть отнесены к трем складывающимся в процессе их эксплуатации стадиям и состояниям:

- штатные состояния объектов и нормальные ситуации в эксплуатации;
- поврежденные и опасные аварийные состояния объектов и аварийные ситуации в эксплуатации;
- предельно опасные катастрофические состояния и катастрофические чрезвычайные ситуации.

Для обеспечения условий безопасной эксплуатации объектов техносферы следует исходить из того, что степень научной обоснованности технических решений, проектно-конструкторской документации, методов и аппаратуры для осуществления диагностики и мониторинга, накопленный практический опыт характеризуются тремя основными тенденциями по мере рассмотрения перехода от штатных (нормальных) состояний к аварийным и катастрофическим:

- риски, характеризующие объекты и рабочие процессы в техносфере, экспоненциально нарастают;
- уровень и возможности диагностики состояния объектов пока отстают от нарастающих рисков;
- мониторинг состояний и рисков остается пока невысоким, особенно для катастрофических ситуаций.

Как показали результаты научного анализа, фундаментальных и прикладных исследований в области применения концепции рисков для определения текущих параметров состояния элементов высокорисковых конструкций и условий возникновения и развития при их эксплуатации чрезвычайных, аварийных и катастрофических ситуаций качественное и количественное описание сценариев и последствий достижения предельных состояний с возникновением аварий и катастроф может быть осуществлено на базе использования фундаментальных закономерностей теории безопасности и катастроф (рис. 1) [2, 11, 12]. При этом стадии инициирования и развития аварийных и катастрофических ситуаций могут характеризоваться различным сочетанием механических, физических, химических, биологических поражающих и повреждающих факторов с широким спектром их последствий в сложной социально-природно-техногенной системе.

Рис. 1. Научные основы создания и эксплуатации объектов техносферы с учетом теории катастроф и анализа их сценариев

Опасные физические, химические, биологические и механические процессы, имеющие место даже при штатных условиях функционирования промышленных объектов свои определяют краткосрочные, среднесрочные и долгосрочные последствия для жизнедеятельности и жизнеобеспечения. Результаты научного анализа условий перехода от штатных к аварийным и катастрофическим ситуациям показывают, что последние в значительной степени определяются как самими рабочими процессами в технических системах промышленных объектов, так и внешними по отношению к ним воздействиями, что сопровождается резким возрастанием рисков. Такие воздействия характеризуются также комплексом специфических факторов, описываемых биологическими, географическими, экономическими, социологическими аспектами анализа аварийных и катастрофических явлений на основе математического представления соответствующих сценариев их возникновения, развития и парирования.

Сказанное в полной мере обусловливает необходимость привлечения в алгоритмы построения опасных сценарных процессов и описания условий достижения предельных состояний на базе результатов новых фундаментальных исследований и прикладных разработок:

- математической теории катастроф и вероятностной теории рисков;
- физики, химии и механики аварийных ситуаций и катастроф;
- теории предельных состояний, прочности и ресурса с учетом аварийных и катастрофических ситуаций;
- теории жесткой, функциональной и комбинированной аварийной защиты объектов, операторов и персонала;
- теории встроенного и дистанционного мониторинга и прогнозирования (с применением космических, воздушных и наземных систем) сценариев и последствий техногенных катастроф;
- научных методов, технологий и техники ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций техногенного характера.

Все возрастающая актуальность таких исследований и разработок, являющихся научной основой обоснования условий безопасной эксплуатации высокорисковых объектов, видна из данных по числу крупных техногенных и природных катастроф в мире в течение последних четырех десятилетий (рис. 2) [10]. Превышение числа техногенных катастроф над природными составило 1,2 – 1,7 раза при темпах роста порядка 10÷12% в год; для природных катастроф эта величина была на уровне 7÷8% в год. Если к концу XX века экономические ущербы от природных превышали ущербы от техногенных катастроф, то, начиная с первого десятилетия XXI века, основной ущерб приносили уже техногенные катастрофы, в том числе крупнейшие – на Саяно-Шушенской ГЭС, морской платформе BP в Мексиканском заливе, на АЭС Фукусима-1 (с ущербами от каждой от 5 до

20 млрд. долларов США). Важно, что при этом темпы роста мирового валового продукта составляли 2÷3,5% в год. Это в целом указывает на снижение возможностей мирового сообщества предупреждать и парировать техногенные риски.

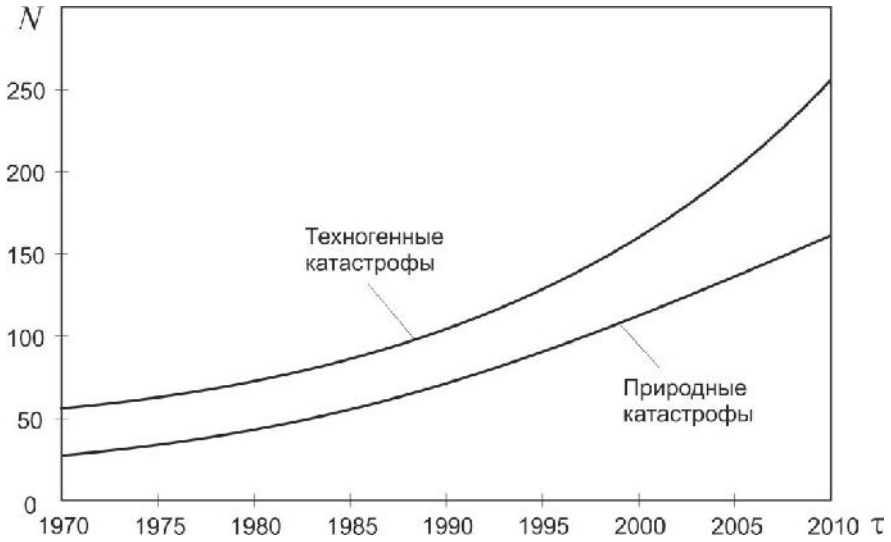


Рис. 2. Относительное изменение во времени числа крупных техногенных и природных катастроф

В Российской Федерации в последние годы относительная устойчивость числа техногенных катастроф на уровне 350÷500 в год сопровождалась ростом общих ущербов от них при постепенном снижении темпов роста ВВП (от 4 до 1% в год). С учетом отмеченных основных закономерностей экономического развития и изменения техногенных рисков для дальнейшего анализа и прогноза состояния и повышения уровня национальной и промышленной безопасности исключительно важное значение имеют базовые положения Стратегии национальной безопасности, Федеральных законов о промышленной безопасности, о безопасности гидротехнических сооружений, о транспортной безопасности, о безопасности зданий и сооружений.

Нелинейную механику деформирования и разрушения и механику катастроф, как фундаментальную научную дисциплину, следует рассматривать в качестве научной основы анализа источников возникновения и сценариев развития аварийных и катастрофических ситуаций на высокорисковых объектах с повышенной потенциальной опасностью, их проектирования по традиционным и новым критериям безопасности, а также принятия решений о допустимости реализации новых проектов и о возможной эксплуатации и о продлении ресурса безопасной эксплуатации существующих.

Исключительно важное значение для анализа, обеспечения и повы-

шения безопасности промышленных объектов гражданского и оборонного назначения в рамках доминирующих и действующих концепций, стратегий, запасов, норм и регламентов имеет уровень научно-практического обоснования прогнозируемых и приемлемых рисков, характеризующих в общем случае штатные и предельные состояния рассматриваемых объектов. В особой мере это относится к объектам с высокой степенью исчерпания назначенных ресурсов и к вновь создаваемым потенциально опасным промышленным объектам, а также к действующим объектам.

№	Аварийные ситуации	Защищенность	Риски
1.	Нормальные условия эксплуатации	Повышенная	Управляемые
2.	Отклонения от нормальных условий (режимные ЧС)	Достаточная	Регулируемые
3.	Проектные аварии	Частичная	Анализируемые
4.	Запроектные аварии	Недостаточная	Повышенные
5.	Гипотетические аварии	Низкая	Высокие

Рис. 3. Типы чрезвычайных (аварийных и катастрофических) ситуаций и степень защищенности от них высокорисковых объектов

Для всего спектра объектов техносферы типы аварийных и катастрофических ситуаций, степень их защищенности и сопутствующие им риски эксплуатации при переходе от нормальных условий работы в штатных состояниях к аварийным и катастрофическим, характеризуемым условиями достижения предельных состояний, можно определить по рис. 3, как:

- штатные ситуации - имеющие место при функционировании объектов в пределах, установленных нормами и правилами; риски для них управляемые и защищенность повышенная;
- режимные чрезвычайные ситуации - имеющие место при отклонении от нормальных условий эксплуатации при штатном функционировании потенциально опасных объектов; последствия от них предсказуемые, риски - регулируемые, защищенность от них достаточная;
- проектные аварийные ситуации - возникают при выходе объекта за пределы штатных режимов с предсказуемыми и приемлемыми последствиями; риски для них анализируемые, а защищенность частичная;
- запроектные аварийные ситуации - возникают при необратимых повреждениях ответственных элементов объекта с высокими ущербами и человеческими жертвами и с необходимостью в последующем проведения восстановительных работ; риски для них повышенные и степень защищенности от недостаточная;
- гипотетические аварийные ситуации - могут возникать при непред-

сказанных заранее вариантах и сценариях развития с максимально возможными ущербами и жертвами; характеризуются высокими рисками, защищенность от них низкая, прямому восстановлению объекты не подлежат.

Исходя из изложенного, можно заключить, что общая структура анализа штатных и предельных состояний высокорисковых конструкций и управления безопасностью их эксплуатации по критериям рисков включает в себя классификацию типов аварийных и катастрофических ситуаций, определение класса аварий и катастроф по уровням возможных рисков и ущербов, а также характеристику типов потенциально опасных объектов (рис. 4).

Рис. 4. Общая структура анализа и управления безопасностью объектов по критериям рисков

В рассматриваемой структуре характеристики типов аварийных и катастрофических ситуаций, показанные в левой части рис. 4, возникающие для них риски и степени защищенности объектов при переходе от нормальных условий их эксплуатации к аварийным приняты по рис. 3. Классификация типов, объектов и инфраструктуры (рис. 4 – правая часть) оказывается увязанной с категориями и классами аварий, катастроф (рис. 4 – центральная часть) и уровнями рисков для возникающих аварийных и катастрофических ситуаций и может быть выполнена по оценкам степени их тяжести и наносимым ущербам, а также оценкам параметров вероятности их возникновения и уровней возможных человеческих и материальных потерь.

При анализе типов чрезвычайных ситуаций следует отметить, что первые из них по рис. 4 – отклонения от проектных условий эксплуатации - имеют наибольшую вероятность возникновения при меньших и парируемых последствиях, а последние – гипотетические - имеют минимальную вероятность возникновения, но наиболее тяжелые последствия.

Обычные повседневные условия эксплуатации объектов техносферы предполагают, что они находятся или в штатных условиях работы, или в небольших отклонениях от проектных решений. Проектные чрезвычайные ситуации характеризуются, как правило, как объектовые и распро-

страняются на опасные производственные объекты и объекты технического урегулирования с умеренными уровнями рисков. Для проектных аварий можно в достаточной степени предусмотреть меры компенсации их последствий. При переходе к более тяжелым авариям регионального или местного уровня следует рассматривать категорию возможных запроектных аварий и катастроф. При их анализе исходят из того, что при проектировании объекта в принципе должны предусматриваться такие ситуации, но защищенность от них в силу малой вероятности их проявления рассматривается на заниженном уровне, поскольку отсутствует прогноз конкретного сценария развития такой ситуации в силу влияния на него многофакторности воздействий. Такое положение имеет место как при эксплуатации опасных производственных объектов, так и, тем более, критически важных объектов. Однако при надлежащем отношении к защищенности опасных производственных объектов от аварий и катастроф проработка такого рода ситуаций должна выполняться в полном объеме и стать составной частью декларирования безопасности как их владельцами, так и административными органами. Гипотетические аварии, типа падения космических объектов, например, на атомную электростанцию, не могут быть предотвращены, но последствия от таких гипотетических ситуаций должны быть проанализированы, а максимально возможный уровень защищенности от них обоснован и реализован.

Классификация типов объектов увязывается с классами аварий и катастроф (рис. 4 – центральная часть) по степени их тяжести и наносимым ущербам. Эта процедура может быть выполнена по оценкам параметров вероятности их возникновения и уровням человеческих и материальных потерь. Так, самые тяжелые, планетарные катастрофы наносят ущербы основным континентам планеты, а самые незначительные – ограниченной части объекта. К планетарным катастрофам можно отнести возможное столкновение Земли с крупными космическими объектами или мировой военный конфликт с применением ядерного, термоядерного, химического и бактериологического оружия массового поражения. К глобальным катастрофам следует отнести крупнейшие цунами, землетрясения, наводнения, аварии на ядерных объектах гражданского и военного назначения. В этом случае ущербы наносятся ряду государств. Национальные катастрофы возникают по тем же причинам, что и глобальные, но ущербы причиняются той стране, в которой они произошли. При региональных катастрофах ущербы наносятся определенной части (региону) страны. Для местных аварий и катастроф повреждения создаются на определенной местной территории, примыкающей к потенциально опасному объекту. Для объектовых и локальных чрезвычайных ситуаций возможные ущербы ограничиваются территорией самого объекта.

В соответствии с федеральным законодательством, с федеральной и отраслевой нормативной документацией, с федеральными, региональными и отраслевыми программами обеспечения безопасности и защищенности объектов техносферы на одно из первых мест выдвигаются задачи категорирования потенциально опасных объектов.

По уровню потенциальной опасности, по требованиям законодательства и с учетом риска возникновения аварий и катастроф объекты техносферы, как это рассматривалось при анализе данных рис. 1, могут быть разделены (рис. 4 – правая часть) на четыре основные категории, для которых предусмотрены соответствующие требования к их безопасности:

- объекты технического регулирования (ОТР), безопасность эксплуатации которых обеспечивается по закону о техническом регулировании – их число измеряется миллионами и десятками миллионов;
- опасные производственные объекты (ОПО, безопасность эксплуатации которых обеспечивается по закону о промышленной безопасности - их число измеряется сотнями тысяч;
- критически важные объекты (КВО), безопасность эксплуатации которых обеспечивается по решению Совета Безопасности Российской Федерации - их число измеряется тысячами;
- стратегически важные объекты (СВО), безопасность функционирования которых влияет на состояние национальной безопасности страны – их число измеряется сотнями.

В качестве обязательных при анализе штатных состояний высокорисковых конструкций и определении условий их перехода в предельные состояния для обеспечения безопасности эксплуатации рассматриваемых объектов следует назвать реализацию трех основных направлений:

- современную диагностику состояния объектов техносферы на всех стадиях их жизненного цикла;
- определение рисков возникновения техногенных, природно-техногенных и антропогенных аварий и катастроф;
- мониторинг состояния объектов и рисков при их эксплуатации.

Как уже упоминалось, фундаментальные научные исследования условий эксплуатации высокорисковых конструкций в штатных ситуациях и оценки их перехода в предельные по параметрам рисков возникновения чрезвычайных ситуаций включают в себя, в первую очередь, исследования критериев прочности, ресурса, живучести и безопасности рассматриваемых машин и конструкций с анализом условий достижения в их элементах предельных состояний в процессе эксплуатации на разных этапах и режимах жизненного цикла [4, 11-20]. В систему таких критериев механики деформирования и разрушения на разных стадиях исследований и разработки соответствующих расчетно-экспериментальных методов в этой области по-

следовательно включался анализ и определение базовых характеристик механических свойств конструкционных материалов, критериально определяющих условия достижения предельного состояния во все усложняющихся условиях эксплуатации. Такие методы требуют применения специальных систем критериальных уравнений для выполнению соответствующих расчетов, конечной целью которых и становится определение параметров безопасности, риска и защищенности рассматриваемых объектов (рис. 5).

РИСК	$R(\tau)=F_R\{P(\tau),U(\tau)\}\quad P(\tau)=F_P\{N(\tau),T(\tau),S(\tau)\}\quad U(\tau)=F_U\{N(\tau),T(t),S(\tau)\}$
БЕЗОПАСНОСТЬ	$R(\tau)=F_R\{P(\tau),U(\tau)\}\le[R(\tau)]=\frac{1}{n_R}R_к(\tau)=F_Z\{m_Z,Z(\tau)\}$
ЖИВУЧЕСТЬ	$\{N_c,\tau_c\}=F\left\{(\Delta K_{Ie}^{э}),\left(\frac{dl^{э}}{dN},\frac{dl^{э}}{d\tau}\right)\right\}\qquad P(\tau)=F\left\{Q^{P}(\tau),(\sigma_{т}^{P},\sigma_{в}^{P},\psi_{к}^{P})\right\}$
ТРЕЩИНОСТОЙКОСТЬ	$\{\sigma^{э},e^{э},K_I^{э},K_{Ie}^{э}\}=f(P^{э},t^{э},l^{э})\le\left\{\frac{\sigma_c}{n_\sigma},\frac{e_c}{n_e},\frac{K_{Ic}}{n_K},\frac{K_{Iec}}{n_{Ke}}\right\}$ $\{\sigma^{э},e^{э},K_{Ie}^{э},N^{э},\tau^{э},t^{э}\}=f(P^{э},t^{э},l^{э})\le\left\{\frac{\sigma_c}{n_\sigma},\frac{e_c}{n_e},\frac{N_c}{n_N},\frac{\tau_c}{n_\tau},\frac{t_c}{n_t}\right\}$ $P\{\sigma_c,e_c,N_c,\tau_c,l_c\}=F\left\{\Phi^{P},\sigma_{т}^{P},\psi_{к}^{P},l^{P}\right\}$
РЕСУРС	$\{\sigma^{э},e^{э},N^{э}\}=f(Q^{э},N^{э},t^{э},m)\le\left\{\left[\left(\frac{\sigma_c}{n_\sigma}\right)\left(\frac{e_c}{n_e}\right)\left(\frac{N_c}{n_N}\right)\right]f(\sigma_{т},\psi_{к},m_p,m_e)\right\}$ $P(\sigma_a^{э})=f(Q^{э},N^{э})\le\left\{\frac{\sigma_{т}^{P},\sigma_{в}^{P},\psi_{к}^{P},\sigma_{-1}}{n_\sigma}\right\}$
ПРОЧНОСТЬ	$\sigma^{э}=F(Q^{э})\le\left\{\frac{\sigma_т}{n_т},\frac{\sigma_в}{n_в}\right\};\quad\{\sigma^{э},e^{э},\tau^{э},N^{э}\}=f(Q^{э},\tau^{э},N^{э},t^{э})\le\left\{\left(\frac{\sigma_{дп}^{\tau}}{n_\sigma},\frac{e_c^{\tau}}{n_e},\frac{\tau_c}{n_\tau}\right),f(m_\tau)\right\}$ $n^{P}=F\left\{\sigma_{т}^{P},\sigma_{в}^{P},\sigma_{дп}^{P}\right\}$

Рис. 5. Структура системы расчетных уравнений и расчетных характеристик для анализа и определения штатных и предельных состояний высокорисковых конструкций

Так как возникновение и развитие практически всех нештатных ситуаций на оборудовании начинается с повреждений его несущих элементов (разрушение, деформирование, разуплотнение, потеря устойчивости), то в процессе анализа его состояния, включая текущие характеристики прочности и ресурса, подлежат обязательному определению максимальные (σ_{max}, e_{max}, t_{max}) и амплитудные значения (σ_a, e_a, t_a) базовых параметров нагруженности этих элементов – локальных и номинальных напряжений, деформаций, температур, а также соответствующие этому состоянию механические свойства материала. Критериальными параметрами деформативности и прочности конструкционных материалов в этом случае являют-

ся такие стандартные характеристики механических свойств материала, как модуль упругости E, предел текучести $\sigma_т$ и предел прочности $\sigma_в$. В этом случае на основе соответствующих уравнений состояния и критериальных зависимостей достижения предельных состояний (табл. 1) строятся базовые алгоритмы, расчетные уравнения и система запасов для обоснования прочности, ресурса и безопасности анализируемого оборудования на основе концепции риска.

При построении алгоритма анализа и мониторинга рисков $R(\tau)$, сценариев развития неблагоприятных событий при переходе конструкции от штатных к предельным состояниям и базовых параметров анализируемых объектов учитываются следующие положения. Фаза инициирования повреждений, отказов, разрушений, аварий, катастроф и соответствующих им рисков $R(\tau)$ может представлять собой во времени τ как краткосрочный, так и длительный процесс, включающий в себя различные этапы отклонений от заданных режимов эксплуатации, накопления механических повреждений в оборудовании, отказов, а также нарушения контроля за качеством и состоянием оборудования и обслуживающего его персонала. Первая фаза накопления повреждений d, отказов и частичных разрушений l с развитием трещин заканчивается возникновением на объекте аварийной ситуации, которая может быть связана с начавшимися каскадными разрушениями и необратимыми отклонениями от условий нормальной эксплуатации. Катастрофа на объектах с образованием критических дефектов l_c является заключительной стадией развития неблагоприятных ситуаций и характеризуется самыми высокими, неприемлемыми (критическими) рисками $R(\tau)=R_c(\tau)$.

Из изложенного вытекает постановка новой задачи об определении и обеспечении комплексной безопасности и защищенности рассматриваемого оборудования по критериям приемлемых и управляемых рисков. При такой постановке задачи только безопасность и защищенность с заданными уровнями рисков дает основание к принятию (или непринятию) решений о допустимости реализации новых проектов или допустимости эксплуатации действующего оборудования.

Результаты контроля, испытаний, диагностики и мониторинга состояния конструкций и их материалов в настоящее время являются одними из определяющих факторов при анализе штатных и предельных состояний высокорисковых конструкций. В качестве одной из ведущих в этом направлении стоит задача комплексного мониторинга текущего состояния рассматриваемых объектов на разных стадиях их жизненного цикла. Такой подход должен стать, по крайней мере, трехцелевым (для обеспечения безопасности, прочности и ресурса) и трехвидовым (неразрушающим, повреждающим и разрушающим). Только сочетание указанных видов контроля и мониторинга состояния объектов позволит достигнуть прогресса в решении фундамен-

тальных проблем безопасной эксплуатации машин и конструкций на основе мониторинга рисков с целью защиты от техногенных аварий и катастроф и обеспечения заданного уровня приемлемого риска $R(t) \leq [R(t)]$.

Как известно, в процессе эксплуатации объекта происходит накопление повреждений по некоторой траектории $D(N,t,\sigma)$, определяемой историей нагружения (рис. 6). Уровень поврежденности оценивается относительным числом циклов нагружения (усталость) или относительной накопленной пластической деформацией (длительное статическое нагружение, ползучесть).

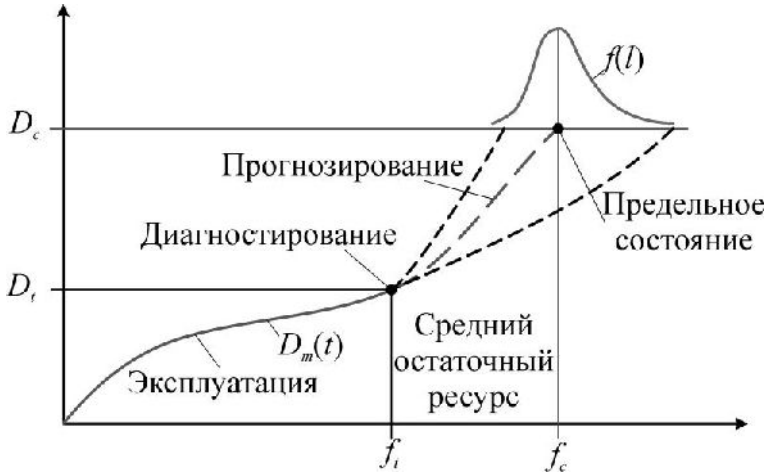


Рис. 6. Схема прогнозирования безопасного остаточного ресурса

Для обеспечения безопасности конструкций вместо критических повреждений D_c, соответствующих достижению предельных состояний, с использованием системы коэффициентов запаса в расчет могут вводиться допустимые повреждения $[D]$. Уровни D_c и $[D]$ разделяют области безопасной эксплуатации, ограниченной безопасности и опасности (риска), мониторинг параметров состояния объекта в которых и является основой для функционирования систем мониторинга рисков нахождения объекта в том или ином состоянии и условий его перехода между ними.

Для расчета остаточного ресурса эксплуатации объекта после его работы на предыдущих стадиях жизненного цикла, сопровождаемых соответствующей диагностикой с регистрацией названных выше базовых параметров необходимо проведение комплекса исследований условий и характера предыдущей и планируемой в будущем стадей нагружения, характеристик механических свойств, особенностей напряженно-деформированного состояния, технологической дефектности и эксплуатационной поврежденности. Результаты оценки остаточного ресурса по представленной на рис. 1 схеме представляют собой статистическую функцию f и не являются окончательным решением задачи. Необходимо также определить интервал времени Δt до проведения следующей экспертизы безопасности объекта.

При вероятностной оценке интервала Δt в качестве критерия безопасности должен быть риск P_f возможности катастрофического разрушения. Назначенный интервал Δt должен обеспечивать вероятность возможного разрушения не выше заданного уровня $[P_f]$ риска аварии. Величина этого риска должна назначаться с учетом характера (класса) потенциальной опасности объекта. Если при этом использовать рекуррентные соотношения для вероятностей перехода объекта в предельное состояние $P_f(t)$, то можно получить выражение для оценки оптимального времени до следующего момента контрольного обследования объекта.

Таким образом, оценка остаточного ресурса опасных объектов техносферы представляет собой сложную инженерную задачу, для решения которой необходимы результаты комплексной диагностики и мониторинга условий и характера нагружения, характеристик механических свойств, особенностей напряженно-деформированного состояния, технологической дефектности и эксплуатационной поврежденности, определяющих, в конечном счете, уровень риска возникновения в рассматриваемой конструкции предельного состояния и таким образом реализовывать процедуру мониторинга риска на разных этапах эксплуатации и получения картины его изменения в рассматриваемых условиях [4, 11-13].

В общем случае возможны два основных сценария кинетики (изменения) рисков $R(t)$ во времени t (рис. 7). Первыми являются сценарии управления безопасностью в условиях устойчивого (нормального, штатного) функционирования системы с монотонным ростом рисков $R(t)$ до приемлемых $[R(t)]$ в момент времени $[t]$ в точке A по линии *1*. При этом критические риски $R_к(t)$ не достигаются. В этот момент требуется проведение специальных мероприятий по снижению рисков $R(t)$ по линии *1'* до точки C, и далее по линии *1"*, когда риски для рассматриваемой системы сохраняют приемлемые уровни.

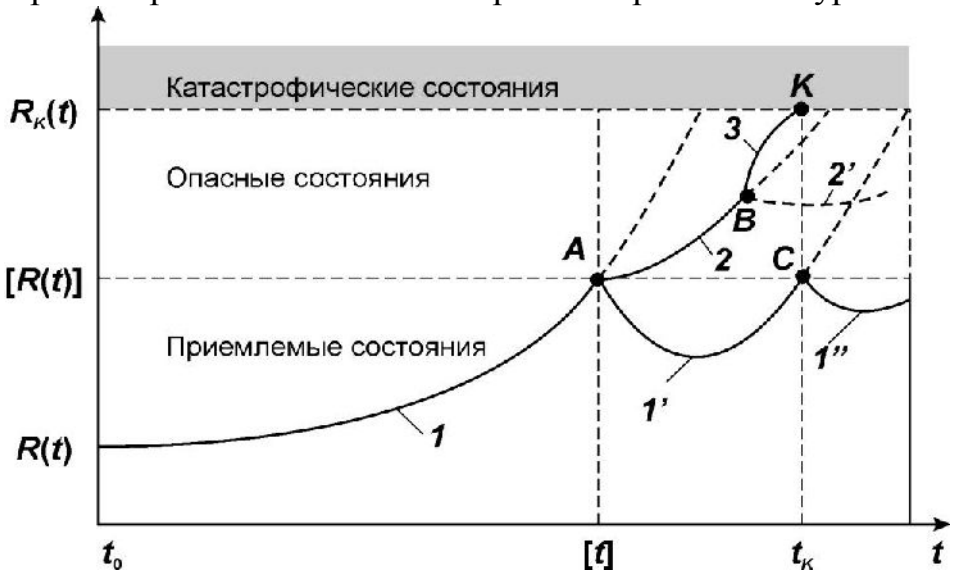


Рис. 7. Диаграмма изменения рисков $R(t)$ в процессе эксплуатации объекта

Вторыми сценариями могут быть такие, при которых могут возникать точки неустойчивости *A* и *B* с опасным ростом рисков по линиям *2* и *3* до критической точки *K* при времени $t=t_k$, а $R(t)=R_k(t)$. Точками неустойчивости (бифуркаций) в системе могут быть появления зон локальной поврежденности в объекте, возникновение внешних угроз его штатной эксплуатации, несанкционированной воздействие на рассматриваемый объект и т.п.

В целях уменьшения вероятности возникновения нештатных ситуаций (с соответствующим повышением рисков их реализации) и снижения возможного ущерба от их проявления для потенциально опасных объектов техносферы должен быть реализован комплекс мероприятий, учитывающий следующие обстоятельства:

- характер источников опасности и особенностей их проявления;
- допустимые режимы эксплуатации применительно к каждой фазе нарастания рисков;
- возможности применения средств парирования угроз на основе результатов комплексной диагностики и мониторинга рассматриваемого объекта

Решение указанных задач может быть обеспечено путем создания и практического применения комплекса современных методов и средств контроля параметров состояния машины или конструкции при возможно широком диапазоне их изменения (в том числе и за пределами штатных режимов), систем мониторинга и анализа данных об окружающей среде и возможных внешних воздействиях на систему, использование банков данных и баз знаний по сценариям развития нештатных ситуаций, критериям их оценки и алгоритмам превентивных действий систем парирования чрезвычайных ситуаций по программируемым командам системы мониторинга рисков.

Знание параметров вероятностей возможности возникновения чрезвычайных ситуаций на промышленных объектах $P(\tau)$ и ожидаемых при этом ущербов $U(\tau)$ позволяет определить для них значения соответствующих рисков $R(\tau)$, а также построить (рис. 8) кривые их критических, неприемлемых (с параметрами $P_c(\tau)$, $U_c(\tau)$) и допускаемых, приемлемых (с параметрами $[P(\tau)]$, $[U(\tau)]$). При этом области таких значений и соответствующие им классы опасных ситуаций, аварий и катастроф (от 1-го до 7-го) могут сопоставлены названным выше категориям соответствующих потенциально опасных объектов (ОТР, ОПО, КВО, СВО).

Система государственного регулирования и надзора за комплексной безопасностью, включая промышленную безопасность, на большом числе СВО, КВО, ОПО и ОТР охватывает широкий спектр технологий, сценариев аварий и катастроф, видов повреждений, условий нагружения, а также

используемых при этом методах диагностики и мониторинга их состояния. В наибольшей степени продвинутыми оказались вопросы декларирования и экспертизы промышленной безопасности ОПО. В настоящее время преимущественно проявляется актуальность анализа рисков тяжелых катастроф (5 – 7 классов) для критически (КВО) и (СВО) стратегически важных объектов. Возможности расчетных оценок рисков при этом, к сожалению, пока крайне низки (менее 0,01%). Предельно опасные угрозы безопасным условиям эксплуатации этих объектов техносферы оцениваются по величинам критических рисков $R_c(\tau)$ как от единичных неблагоприятных событий с тяжелыми ущербами $U(\tau)$ даже при малых вероятностях $P(\tau)$, так и от различных их сочетаний с варьируемыми ущербами $U(\tau)$, но при более высоких вероятностях.

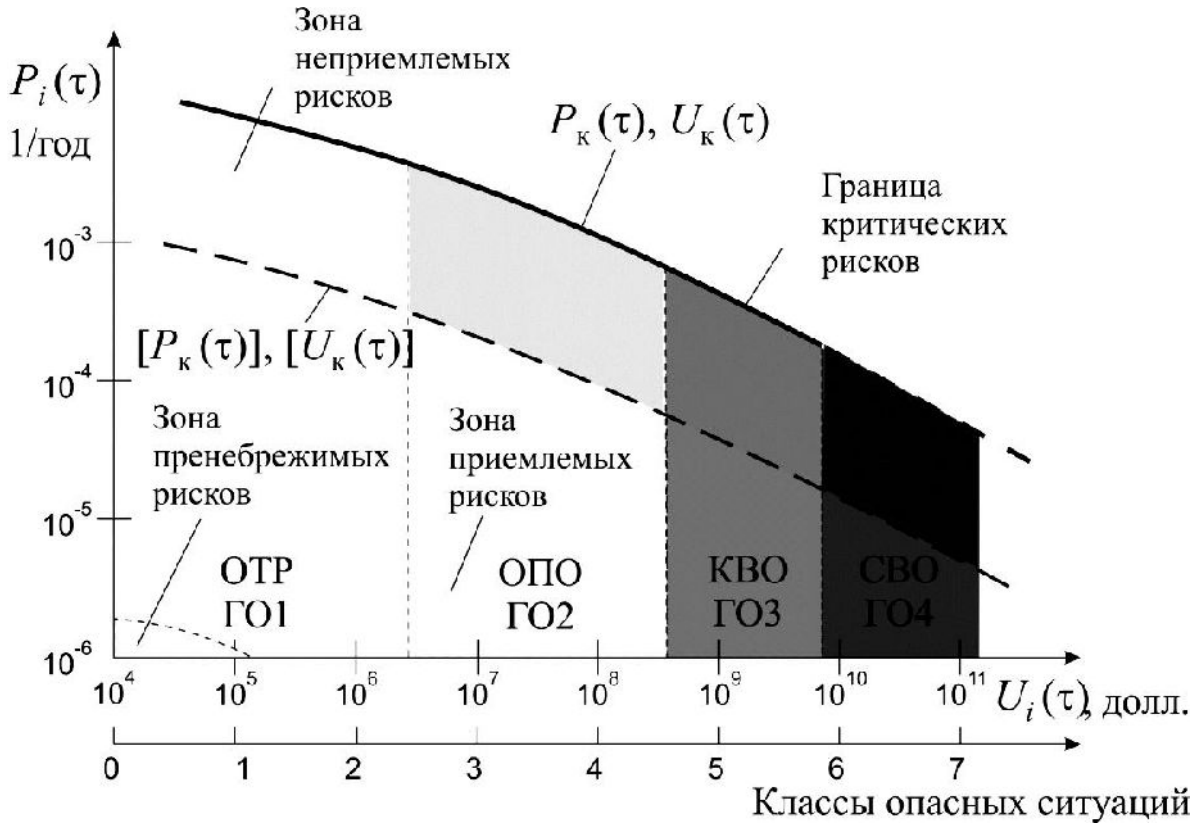


Рис. 8. Области приемлемых и неприемлемых рисков для различных классов чрезвычайных ситуаций и категорий промышленных объектов

Таким образом, в состав решаемых в процессе анализа штатных состояний высокорисковых конструкций и условий их перехода в предельные, критические состояния, сопровождаемые возникновением аварийных и катастрофических ситуаций, входят определяемые расчетно-экспериментальными методами параметры, в числе которых находятся:

R_σ – прочность, определяемая сопротивлением разрушению несущих элементов при штатных и аварийных воздействиях;

R_λ – устойчивость, определяемая сопротивлением потери начальной формы λ несущих элементов при действии штатных или аварийных нагрузок;

R_δ – жесткость, определяемая сопротивлением несущих элементов достижению недопустимых деформаций δ при действии штатных или аварийных нагрузок;

$R_{N\tau}$ – ресурс (долговечность), определяемый временем τ или числом циклов N до разрушения или потери устойчивости;

P_{PR} – надежность, определяемая способностью объекта выполнять заданные функции в штатном или поврежденном состоянии при заданных нагрузках P или ресурсе $R_{N\tau}$;

L_{ld} – живучесть, определяемая способностью объекта выполнять свои функции в ограниченном объеме при недопустимых нормами повреждениях d или размерах дефектов l;

S – безопасность, определяемая способностью объекта не переходить в катастрофическое состояние с нанесением значительных ущербов человеку, техносфере и природной среде;

R – риск, определяемый вероятностью возникновения на объекте неблагоприятных ситуаций и возможными ущербами от этих ситуаций в штатных и нештатных условиях;

$Z_к$ – защищенность, определяемая способностью объекта противостоять возникновению и развитию неблагоприятных ситуаций в штатных и нештатных условиях.

Указанные параметры работоспособности в общем случае являются функциями времени τ. Последний из них - защищенность $Z_к(\tau)$, наиболее важен для объектов типа КВО и СВО. На основе анализа традиционных и новых перспективных требований к обеспечению безопасных условий эксплуатации объектов техносферы и соответствующих им параметров можно условно построить зоны обеспеченности и необеспеченности работоспособности объектов по различным критериям. На представленной на рис. 9 схеме, иллюстрирующей эти положения, выделены основные этапы развития (I-VIII), базовые требования и основные практические результаты взаимодействия названных выше направлений. При этом следует иметь ввиду, что каждый выше расположенный элемент опирается на нижестоящие элементы, как на основу. Это означает, в конечном счете, что решение проблем защищенности, риска и безопасности должно обязательно опираться на решение проблем «живучести → надежности → ресурса → жесткости → устойчивости → прочности» с прохождением через традиционные этапы их взаимодействия «I → VIII».

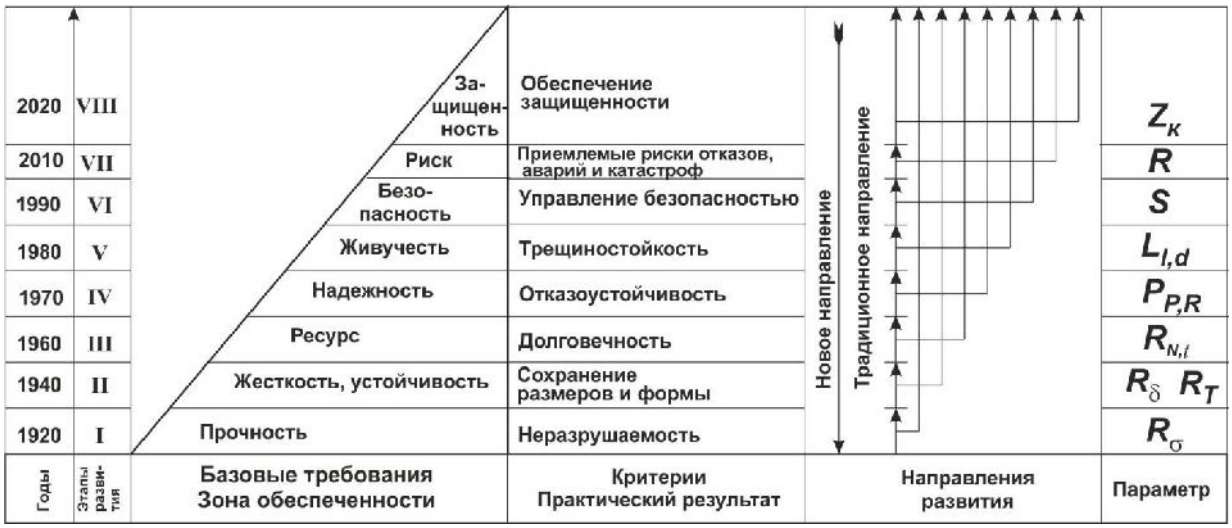


Рис. 9. Общая структура обеспечения работоспособности объектов техносферы

Фундаментальные результаты определения и обеспечения прочности (этап I) были получены в течение длительного времени к началу прошлого века, а замкнутый анализ жесткости и устойчивости (этап II) завершился к его середине. Во второй половине этого века сформировались теория и практика обеспечения «ресурса → надежности → живучести» (этапы III, IV, V). Далее была поставлена фундаментальная проблема анализа и обеспечения безопасности и риска (этап VI) для всех потенциально опасных объектов с переходом (VII этап) на управление безопасностью по критериям рисков. На этих этапах требование безопасности было сформулировано как определяющее, что потребовало развития нового направления ее обеспечения «VII → I» как основного для будущего развития техносферы. Этому способствовала постановка Советом Безопасности Российской Федерации в начале текущего столетия (2003 г.) новой задачи (этап VIII) обеспечения защищенности критически и стратегически важных объектов от аварий и катастроф техногенного и природного характера и террористических проявлений. В соответствии с этим и данными рис. 9 базовый, характеризующий защищенность объектов техносферы функционал, включающий в себя параметры прочности, ресурса, живучести, безопасности и рисков, может быть представлен в виде

$$Z_к(\tau)=F_z\{R(\tau), S(\tau), L_{ld}(\tau), P_{PR}(\tau), R_{N\tau}(\tau), R_\sigma(\tau)\}. \quad (1)$$

Основным направлением анализа и обеспечения защищенности объектов от неблагоприятных ситуаций с учетом приведенного выше выражения является реализация основных требований к их работоспособности в штатных, аварийных и катастрофических ситуациях (рис. 10), характеризуемая результатами мониторинга их состояния в процессе эксплуатации. Новым направлением для обеспечения защищенности рассматриваемых

объектов от неблагоприятных ситуаций является именно то направление (рис. 10), которое изначально формирует уровень защищенности объекта $Z_к(\tau)$. Этот уровень определяет все основные группы требований: безопасности $S(\tau)$ и рисков $R(\tau)$; ресурса $R_{N\tau}(\tau)$, надежности $P_{PR}(\tau)$, живучести $L_{ld}(\tau)$; прочности $R_\sigma(\tau)$, жесткости $R_\delta(\tau)$, устойчивости $R_\lambda(\tau)$.

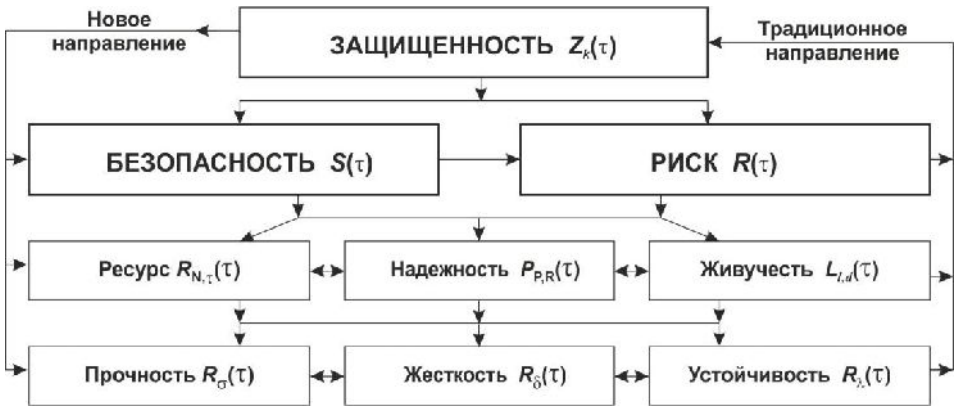


Рис. 10. Традиционный и новый алгоритмы расчетно-экспериментального определения и обеспечения защищенности высокорисковых конструкций

Как следует из данных рис. 9 об этапах развития научных представлений о названной выше последовательности решения проблем «защищенность → риск → безопасность → живучесть → надежность → ресурс → жесткость → устойчивость → прочность» каждая ее последующая ступень или соответствующий этап развития науки и техники опирается и использует в обязательном порядке предыдущие. При этом в качестве базовых параметров эксплуатационных воздействий $P^э$ принимаются эквивалентные эксплуатационные напряжения $\sigma^э$, деформации $e^э$, числа циклов $N^э$, время $\tau^э$, температура $t^э$, внешняя среда $\Phi^э$ (радиация, коррозия, электромагнитное поле), коэффициенты интенсивности напряжений $K_I^э$ и деформаций $K_{Ie}^э$:

$$P^э = \{\sigma^э, e^э, N^э, \tau^э, t^э, \Phi^э, K_I^э, K_{Ie}^э\}. \quad (2)$$

В качестве базовых характеристик механических свойств используются пределы текучести σ_T, пределы порочности σ_B, пределы выносливости σ_{-1}, пределы длительной прочности $\sigma_{дп}$, сопротивление отрыву $S_к$, предельная пластичность $\psi_к$, критические коэффициенты интенсивности напряжений K_{Ic} и деформаций K_{Iec}:

$$R_\sigma = F\{\sigma_T, \sigma_B, \sigma_{-1}, \sigma_{дп}, S_к, \psi_к, K_{Ic}, K_{Iec}\}. \quad (3)$$

Производными механических свойств, конструктивных форм и условий нагружения являются такие характеристики материала, как длительная пластичность $\psi_{к\tau}$, эффективные коэффициенты концентрации

напряжений K_σ, чувствительность к абсолютным размерам ε_σ и асимметрии цикла ψ_σ, коэффициент вариации υ_σ, скорости роста трещин dl/dN по числу циклов и $dN/d\tau$ по времени, чувствительность к внешней среде β_c. Тогда условия прочности записываются в форме:

$$P^э \le R_\sigma\{\psi_{к\tau}, K_\sigma, \varepsilon_\sigma, \psi_\sigma, \nu_\sigma, dl/dN, dl/d\tau, \beta_c\}. \quad (4)$$

Для обеспечения ресурса (в поцикловом или во временном измерениях) необходимо выполнить условие

$$R_{N,\tau,p} \le R^c_{N,\tau} = \{N^э / N_c, \tau^э / \tau_c, \Phi^э / \Phi_c\}, \quad (5)$$

где $R^c_{N,\tau}$ - критическое (предельное) значение ресурса, выражаемое через критические (разрушающие) циклы N_c, время τ_c или воздействия среды Φ_c.

Параметры надежности $P_{P,R}$ по критериям прочности $R_{\sigma P}$ и ресурса $R_{N,\tau,P}$ определяются по выражениям (2)-(5), когда в них вводятся вероятностные характеристики прочности, пластичности, эксплуатационной нагруженности с учетом коэффициентов вариации υ указанных характеристик:

$$P_{P,R} = F\{P^э, R_\sigma, R_{N,\tau,\Phi}, \nu\}. \quad (6)$$

В соответствии с (6) механические испытания для определения параметров рассеяния (в т.ч. коэффициентов вариации υ) становятся чрезвычайно трудоемкими. В ряде случаев для установления кривых распределения базовых характеристик механических свойств σ_B, $\psi_к$, σ_{-1}, $\sigma_{\partial n}$ проводились испытания от 10 до 2000 образцов на одном из режимов нагружения.

При оценках живучести основное внимание уделяется определению уровня накопленных повреждений d, измеряемых указанными выше относительными параметрами $N^э/N_c$, $\tau^э/\tau_c$, $\Phi^э/\Phi_c$, или ростом трещин от начальных размеров l_0 до текущих $l^э$ и критических l_c. Этот рост трещин определяется их скоростями dl/dN, $dl/d\tau$, которые в свою очередь зависят от размахов коэффициентов интенсивности напряжений ΔK_I или деформаций ΔK_{Ie}. При достижении предельного состояния выполняются условия разрушения по критериям линейной (K_{Ic}) или нелинейной (K_{Iec}) механики разрушения. Тогда живучесть $L_{d,l}$ объектов с учетом повреждения d и роста трещин l будет оцениваться по условию

$$\begin{aligned} L_{d,l} &= F\{P^э, R_\sigma, R_{N,\tau,\Phi}\} = F\{d, dl/d\tau, dl/dN\} \le \\ &\le F\{N^э/N_c, \tau^э/\tau_c, \Phi^э/\Phi_c, K_I^э/K_{Ic}, K_{Ie}^э/K_{Iec}\}. \end{aligned} \quad (7)$$

Если в выражение (7) вводятся статистические характеристики, то живучесть $L_{d,l}$ приобретает вероятностный характер. Такая постановка задачи требует в механических испытаниях серий образцов для контрольных режимов нагружения при определении в первую очередь параметров dl/dN, $dl/d\tau$, K_{Ic}, K_{Iec}.

Безопасность S объектов гражданского и оборонного назначения, технических систем, машин, конструкций, изделий и материалов становится в последние годы одними из определяющих параметров материального производства, экономики и жизнедеятельности. На протяжении длительного времени требования к безопасности S оставались преимущественно качественными или относились к технике безопасности на производстве. Однако после ряда крупнейших техногенных и природно-техногенных аварий и катастроф на объектах атомной и тепловой энергетики, на нефтехимических комплексах, ракетно-космических системах, атомных подводных лодках стало все более очевидным, что безопасность S должна быть количественно определяемым, контролируемым и регулируемым параметром. Для достижения этой цели было предложено использовать количественные характеристики рисков R. При этом под рисками $R(\tau)$ для оценки безопасности S объектов техносферы можно понимать функционал F_R, зависящий от вероятности $P(\tau)$ возникновения техногенных аварий или катастроф по критериям прочности и ресурса и математического ожидания последствий (ущербов $U(\tau)$), порождаемых этими авариями и катастрофами:

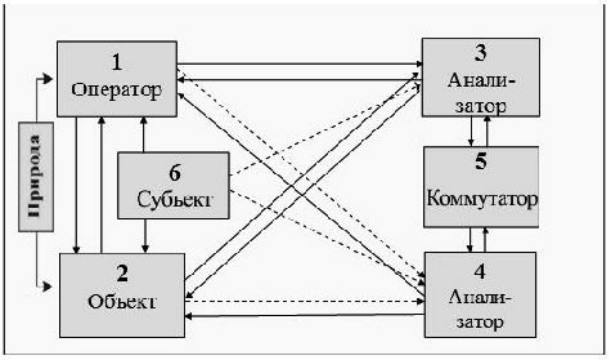
$$R(\tau)=F_R\{P(\tau),\ U(\tau)\}. \qquad (8)$$

В свою очередь параметры $P(\tau)$ на стадии проектирования машин и конструкций определяются по выражению (6) в виде функционала эксплуатационной нагруженности $P^э$, сопротивления разрушению R_σ, ресурса $R_{N,\tau,\Phi}$ и характеристик υ их рассеяния. Для стадии изготовления, испытаний и эксплуатации дополнительно к выражению (6) в анализ вероятности аварий или катастроф вводятся характеристики живучести $L_{d,l}$ по (7). Обобщение изложенных результатов содержится в [3].

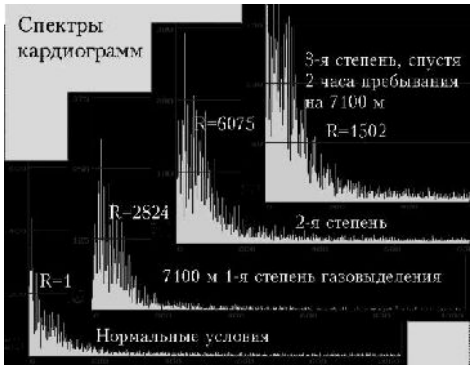
Ущерб $U(\tau)$, связанный с несоблюдением условий прочности и ресурса, зависит от типа предельного состояния, достигаемого объектом при эксплуатации. Наиболее значимыми (для жизни и здоровья операторов, персонала, населения, для повреждений самим объектам и окружающей среде) ущербы $U(\tau)$ оказываются в тех случаях, когда возникают протяженные хрупкие разрушения, глобальная потеря устойчивости, вязкие разрушения после роста трещин при циклическом и длительном нагружении.

Важным для анализа риска и обеспечения безопасности объектов техносферы является разработка методов и систем анализа влияния человеческого фактора при экстремальных эксплуатационных воздействиях. Такие воздействия (механические, химические, бактериологические, психологические) на человека в широком диапазоне видов и интенсивности приводят к изменению его реакции на эти воздействия. В условиях ограничения или отсутствия времени на детальное изучение этих реакций и принятие соответствующих решений основное внимание в этом случае

уделяется разработке методов и систем комплексного анализа изменения спектральных характеристик кардиограмм и энцефалограмм в реальном масштабе времени с использованием специальных оперативных диагностических параметров. Проведенные в этом направлении исследования научных основ таких методов при механических, физиологических, вакуумных, химических, психологических воздействиях на человека позволили создать алгоритмы, макеты и образцы соответствующих диагностических комплексов [2, 11].



а)



б)

Рис. 11. Система (а) и спектральный анализ (б) для мониторинга и защиты объекта от ошибочных и несанкционированных воздействий оператора в критических ситуациях

На рис. 11 приведены схема и результаты диагностирования находящегося в барокамере оператора при имитации его нахождения на высоте 7100 м с регистрацией кардиограммы работы сердца и вычисления на ее основе по соответствующему алгоритму параметра работоспособности *R*. При этом кроме основной функции диагностики состояния оператора в условиях наличия объективных факторов окружающих условий предусмотрена возможность анализа его состояния и при проявлении экстремальных, в том числе и несанкционированных воздействий. И результаты такой диагностики, информативность которой качественно возрастает, позволяют существенным образом реализовать комплексную защиту управляемого оператором объекта. При этом значимым является вопрос выделения параметров, подлежащих такой комплексной диагностике. Подобный спектральный анализ сложных человеко-машинных динамических систем, проведенный на некоторых технических объектах и на операторах, показал, что в целом, если организм человека или технический объект переходит в нестандартное или тем более в экстремальное (катастрофическое) состояние, то получаемый в результате их диагностирования спектр уходит из области высоких частот в область низких частот (рис. 11,б), и это является основным признаком их приближения к критическому состоянию.

Таким образом, из изложенного следует, что комплексные расчетно-экспериментальные методы оценки штатных и предельных состояний высокорисковых объектов предназначены для обеспечения их защищенности от аварий и катастроф и базируются в первую очередь на использовании критериев рисков, параметры которых определяются на основе данных комплексной технической диагностики и мониторинга состояния этих объектов и их увязки с соответствующими базовыми критериями прочности, ресурса и живучести. При этом новой фундаментальной задачей в указанном направлении является мониторинг указанных рисков, позволяющий в количественной форме контролировать и управлять процессами перехода рассматриваемых объектов от штатных к предельным состояниям.

Сказанное выше отвечает принципиально новым требованиям Федерального закона «О стратегическом планировании в Российской Федерации» [21]. В соответствии с этим законом предстоит разработка правовой, нормативно-технической и научно-методической базы для прогнозирования и развития страны в целом, и ее техносферы, в частности [22, 23], с учетом двух стратегических приоритетов:

- устойчивое социально-экономическое развитие;
- обеспечение национальной безопасности.

Материалы заседания Рабочей группы при Президенте РАН по анализу риска и проблем безопасности [24] и их углубление и конкретизация на настоящем семинаре будут способствовать решению важной актуальной проблемы обеспечения техногенной безопасности высокорисковых объектов.

Библиографический список

1. Стратегия национальной безопасности Российской Федерации до 2020 года. Утверждена Указом Президента Российской Федерации от 12 мая 2009 г., № 537.

2. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно – технические аспекты. Многотомное издание. Научный руководитель чл.-корр. РАН Н.А.Махутов. - М.: МГОФ «Знание», 1998-2015 гг., т.т. 1-46.

3. Махутов Н.А., Гаденин М.М. Комплексные расчетно-экспериментальные методы оценки штатных и предельных состояний высокорисковых объектов. Доклады Сессии Научного совета РАН по автоматизированным системам диагностики и испытаний. Москва. 26 ноября 2014 г. М.: Издательский дом «Спектр», 2014. С. 34-57.

4. Махутов Н.А., Гаденин М.М. Техническая диагностика остаточ-

ного ресурса и безопасности. Учебное пособие. Под общ. ред. В.В.Клюева. М.: Издательский дом «Спектр», 2011. – 187 с. (Серия «Диагностика безопасности»).

5. Махутов Н.А., Гаденин М.М. Техническая диагностика критически и стратегически важных объектов в штатных и нештатных ситуациях. Доклады XX Всероссийской научно-технической конференции по неразрушающему контролю и технической диагностики. Москва, 3-6 марта 2014 г. М.: Издательский дом «Спектр», 2014. С. 333 - 336.

6. Махутов Н.А., Гаденин М.М. Техногенная безопасность: Диагностика и мониторинг состояния потенциально опасного оборудования и рисков его эксплуатации. Федеральный справочник: Информационно-аналитическое издание. Т.26. М.: НП «Центр стратегического партнерства», 2012. С. 307-314.

7. Махутов Н.А., Гаденин М.М. Техническая диагностика и мониторинг рисков для оборудования ГЭС. Разрушение гидроагрегата №2 Саяно-Шушенской ГЭС: причины и уроки. Сборник материалов в 3-х томах. Том. 1. М.: РусГидро, 2013, с. 26-35.

8. Гаденин М.М. Структура многоуровневого мониторинга параметров безопасности техносферы и окружающей среды. Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. 2012, № 1. С. 93-102.

9. Махутов Н.А., Гаденин М.М., Р.А.Таранов. Р.А. Анализ информации комплексного мониторинга для оценки состояния потенциально опасных объектов. Известия РАН. Серия географическая. №6, 2010 г. С. 88-95.

10. Воробьев Ю.Л., Акимов В.А., Соколов Ю.И. Комплексная безопасность человека. М.: ФГУ ВНИИ ГОЧС. 2011. 360 с.

11. Махутов Н.А. Прочность и безопасность: фундаментальные и прикладные исследования. Новосибирск: Наука. 2008. 528 с.

12. Махутов Н.А. Конструкционная прочность, ресурс и техногенная безопасность. Часть 1. Критерии прочности и ресурса. – Новосибирск: “Наука”, – 2005, 493с.; Часть 2. Обоснование ресурса и безопасности. – Новосибирск: “Наука”. – 2005, 610с.

13. Гаденин М.М. Многопараметрический анализ условий безопасной эксплуатации и защищенности машин и конструкций по критериям прочности, ресурса и живучести. Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. 2012, № 6. С. 50-56.

14. Махутов Н.А., Гаденин М.М., Чернявский А.О. Шатов М.М. Анализ рисков отказов при функционировании потенциально опасных объектов. Проблемы анализа риска. 2012, том 9, № 3. С. 8-21.

15. Махутов Н.А., Абросимов Н.В., Гаденин М.М.. Обеспечение безопасности – приоритетное направление в области фундаментальных и

прикладных исследований. Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2013, № 3 (27). С. 46-71.

16. Гаденин М.М. Характеристики механических свойств материалов в анализе условий достижения предельных состояний. Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2012, т. 78, № 2. С. 58-63.

17. Махутов Н.А., Рачук В.С., Гаденин М.М. и др. Прочность и ресурс ЖРД. М.: Наука. 2011. – 525 с. (Серия Исследования напряжений и прочности ракетных двигателей).

18. Махутов Н.А., Рачук В.С., Гаденин М.М. и др. Напряженно-деформированные состояния ЖРД. М.: Наука, 2013. 646 с. (Исследования напряжений и прочности ракетных двигателей).

19. Исследования напряжений и прочности ядерных реакторов. Серия из 9 книг. Под ред. Н.А.Махутова, М.М.Гаденина. М.: Наука. 1987 – 2009.

20. Махутов Н.А., Лебедев М.П., Большаков А.М., Гаденин М.М. Научные основы анализа и снижения рисков чрезвычайных ситуаций в районах Сибири и Севера. Арктика: экология и экономика. 2013, №4 (12), с. 4-15.

21. «О стратегическом планировании в Российской Федерации». Федеральный закон Российской Федерации от 28 июня 2014 г. N 172-ФЗ

22. Безопасность России Правовые, социально-экономические и научно технические аспекты. Национальная безопасность. Том 2. Безопасность и защищенность критически важных объектов. Научные основы безопасности и защищенности критически важных для национальной безопасности объектов. Авторы: Махутов Н.А., Пучков В.А., Гаденин М.М., М.М., Цаликов Р.Х., Шойгу С.К. и др. Под ред. чл.-корр. РАН Н.А.Махутова. М.: МГОФ «Знание», 2012. 896 с.

23. Фортов В.Е., Махутов Н.А. Машиностроение России. Состояние и развитие. М.: ОЭММПУ РАН, 2010. 72 с.

24. «Международная система комплексной безопасности и защищенности населения, технологий, природной среды, критически и стратегически важных объектов и техноинфраструктуры Российской Федерации». Материалы совместного заседания РГ РАН «Риск и безопасность» и Научного совета РАН по проблеме «Надежность, ресурс и безопасность технических систем» по приоритетному направлению научно-технических разработок РАН и МЧС России «Инновационные концепция и технологии обеспечения комплексной безопасности и защищенности (ОКБЗ) населения, критически важных и потенциально опасных объектов (КВО и ПОО) техноинфраструктуры на основе мониторинга их состояния и рисков». 07.11.2014 г., Москва, Президиум РАН. – М., РАН. – 75 стр.

УДК 004.032.24

ПРИМЕНЕНИЕ СУПЕРКОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЕМКИХ ЗАДАЧ ОБРАБОТКИ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ ИНФОРМАЦИИ

Коновальчик А. П. ОАО «Концерн ПВО «Алмаз-Антей», Москва, Россия

Введение

Доклад посвящен исследованию целесообразности и необходимости применения суперкомпьютерных технологий при реализации вычислительноемких алгоритмов, возникающих в ключевых задачах обработки радиолокационной информации. Исследования проводились на вычислительном комплексе проекта «Орфей», развернутого на базе Концерна ВКО «Алмаз-Антей».

Рассматривается задача обнаружения целей с помощью фазированной антенной решетки на фоне интенсивных помех. Подобные задачи требуют много вычислительных ресурсов, так как с увеличением размера просматриваемого пространства по дальности и по направлениям, время обработки вырастает в разы и обеспечение режима реального времени (что необходимо для работы в реальных условиях) с применением обычных вычислительных средств становится невозможным. Время можно заметно уменьшить, если производить некоторые операции параллельно, используя спецвычислители и суперкомпьютеры.

1. Описание задачи

Задача обнаружения отраженного от цели сигнала и определения параметров цели на фоне помех. При известном числе источников помех «адаптивная» статистика для выделения полезного сигнала на фоне интенсивных помех с произвольными законами временной модуляции может быть представлена в виде разности сумм «сигнально-шумовых» (за исключением «помехово-шумовых») собственных значений выборочных корреляционных матриц, полученных для обеих гипотез относительно наличия полезного сигнала во входных смесях. При большой интенсивности помех и умеренной интенсивности полезного сигнала такая статистика может быть реализована, приближенно, с привлечением идеи «регуляризации». Решение о наличии полезного сигнала во входных смесях принимается при превышении статистикой L порога обнаружения h.

2. Параметры задачи

Основные вычислительные ресурсы необходимы для расчета корреляционной матрицы, обратной матрицы и решающей статистики:

$$\mathbf{R} = \mu\mathbf{I} + \mathbf{Y}\mathbf{Y}^{\mathrm{H}} \qquad (1)$$

$$L = \frac{\|U^{\sim}R^{-1}YS\|^2}{U^{\sim}R^{-1}U[1 - S^{\sim}Y^{\sim}R^{-1}YS]} \qquad (2)$$

где, M – число каналов (64), N – число отсчетов (20 000), Ns – число гипотез по форме сигнала (от 128 до 2048), Nu – число гипотез по направлению (от 128 до 1024), Y [MxN] – матрица сигнала размером число каналов на число отсчетов, I [MxM] – единичная квадратная матрица размером число каналов, U [MxNu] – матрица гипотез по направлению размером число гипотез на число каналов, S [NxNs] – матрица гипотез по форме сигнала, размером число отсчетов на число каналов. Число каналов - от 64, в планах увеличение числа до сотен.

3. Оценки реализуемости задачи.

Как мы можем видеть из формул (1) и (2), необходимы функции инвертирования и умножения комплексных матриц в двойной или одинарной точности (при этом задачу возможно свести к целым числам, но необходимо следить за порядком), таким образом вычислительную емкость алгоритма обусловлена необходимостью оперировать с комплексными числами (см. рис.2). Чтобы наглядно представить основные характеристики задачи обратимся к графикам и таблицам. На рис.1. показана зависимость расчетной производительности от длины сигнала.

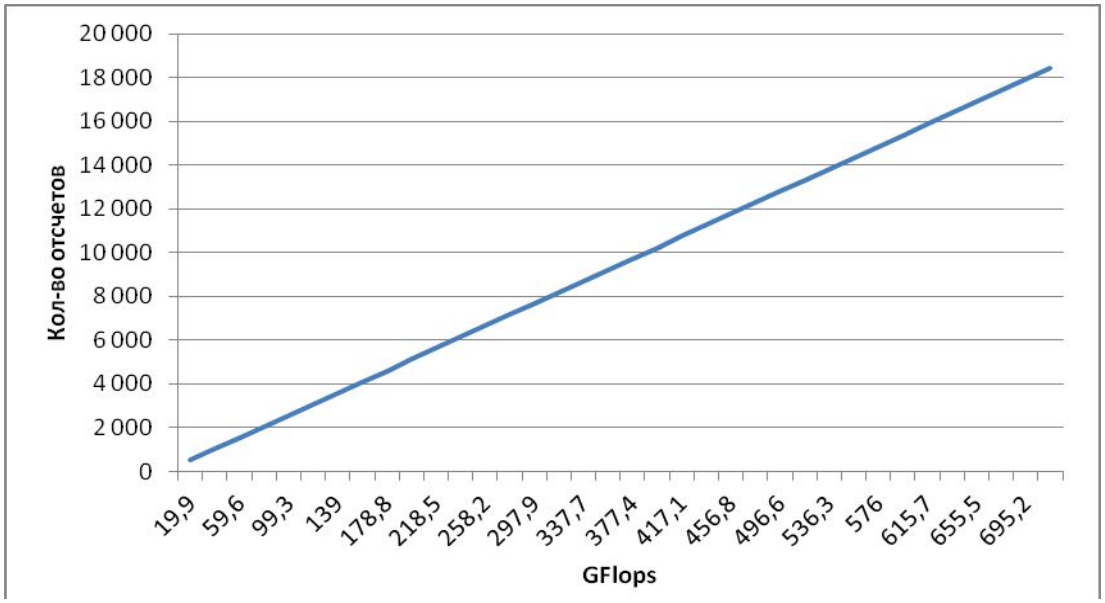


Рис.1

На рис.2 показаны основные процедуры программы адаптивного помехоподавления, количество их вызовов в процессе обработки и вклад в каждой из процедур в процентах в общее решение задачи.

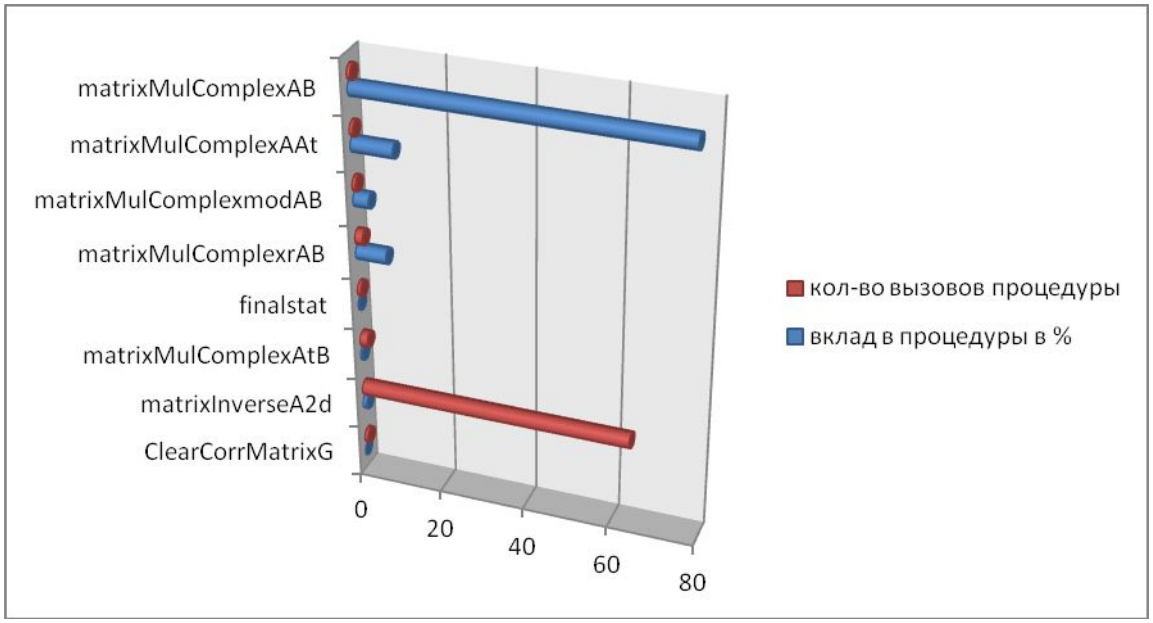


Рис.2

В настоящее время есть большее количество способов для ускорения процедур перемножения матриц (библиотека Intel MKL, OpenCL, Cublas complex, директивы #openmp, специализированные функции для графических ускорителей и.т.д.), что позволяет провести всестороннее тестирования и оптимизацию задачи с применением самых современных методов и технологий.

3.1. ПЛИС-ускорители

С учётом распределения вычислений между ПЛИС, в одной ПЛИС целесообразно решать задачу в исходной постановке, но с уменьшенными значениями размерностей гипотез. Всесторонний анализ показал, что «подогнанный» фрагмент задачи может быть выполнен на одной ПЛИС Virtex6-SX475 приблизительно за 10 мс (не считая времени на обмен данными с внешним устройством), а задача в исходной постановке - за то же время на комплексе из 256 ПЛИС, не считая времени на «доставку» данных. Для нас большим плюсом ПЛИС-технологии является то, что Концерн обладает суперкомпьютером с вычислительным ядром на базе ПЛИС, на этом вычислители уже был отлажен ряд «боевых» алгоритмов радиолокации и интеграция АПК помехоподавления в готовые изделия не потребует от Концерна больших финансовых затрат.

3.2. Графические ускорители

При использовании графических процессоров можно обеспечить обработку любого уровня сложности в реальном масштабе времени. Используя специализированные графические ускорители, возможно обеспечить работу в реальном масштабе времени 2-3 устройств. Задача хорошо подходит для реализации на графических процессорах.

3.3. Универсальные процессоры

При использовании нескольких процессоров удобнее всего будет организовать параллельную обработку, когда поступающие данные распределяются по очереди на разные CPU. Однако при высокой задержке результатов необходимо реализовать распределенную схему вычислений. На вычислительный сервер по сети поступают данные с РЛС (данные будут храниться на жестком диске вычислительного сервера). Данные нарезаются на интервалы, для каждого необходимо вычислить корреляционную матрицу и найти обратную. Далее рассмотреть гипотезы по дальности и направлению отдельно по векторам или в матричном виде. Сложить решающую статистику на каждом из интервалов и произвести пороговую обработку. Алгоритм хорошо подходит под распараллеливание на кластере из универсальных процессоров.

4. Заключение

При решении задачи обнаружения полезного сигнала на фоне помех представленный алгоритм не требуют дополнительных выборок (причем, классифицированных, т.е. не содержащих полезного сигнала) для формирования управляемого порога, обеспечивающего фиксацию частоты ложных тревог, как это имеет место в случае традиционных алгоритмов пространственной фильтрации с прямым обращением ВКМ, регуляризованных и проекционных алгоритмов.

При решении задачи определения параметров полезного сигнала на фоне помех рассмотренный алгоритм обеспечивает практически потенциальную точность измерения при заданной помеховой обстановке за счет эффективной компенсации помех и коррекции адаптивной диаграммы направленности антенной решетки. Алгоритмы особенно эффективны при использовании в радиолокационных системах с крупноапертурными антенными решетками. Работоспособность разработанных алгоритмов обеспечивается при числе временных выборок, большем лишь числа источников помех, находящихся в пространстве, а не числа приемных каналов антенной решетки. Последнее обстоятельство существенно повышает потенциальные возможности многоканальной приемной системы, так как позволяет реализовать адаптивное выделение сигналов на фоне помех с практически поэлементной оцифровкой сигналов в антенной решетки.

Проведенные эксперименты показали возможность реализации предлагаемых алгоритмов в реальном времени с использованием высокопроизводительных вычислительных систем: графических ускорителей, ПЛИС, многопроцессорных кластеров.

Библиографический список

1. Репин В.Г., Тартаковский Г.П. Статистический синтез при априорной

неопределенности и адаптация информационных систем, М.:Сов.радио, 1977.

2. Reed I.S., Mallet J.D., Brennan L.E., IEEE Trans., Aerospace and Electronic Systems, 1974, AES-10, 6.

3. Абрамович Ю.И. Регуляризованный метод адаптивной оптимизации фильтров по критерию максимума отношения сигнал/помеха, Радиотехника и электроника, 1981, т.26, N 3.

4. Караваев В.В., Сазонов В.В. Статистическая теория пассивной локации, М.:Радио и связь, 1987.

5. Журавлев А.К., Лукошкин А.П., Поддубный С.С. Обработка сигналов в адаптивных антенных решетках, изд. Ленинградского университета, 1983.

6. Черемисин О.П. Эффективность адаптивного алгоритма с регуляризацией выборочной корреляционной матрицы, Радиотехника и электроника, т.25, N 10, 1982.

7. Черемисин О.П. О выборе параметра для регуляризованного метода адаптивной оптимизации фильтров, Радиотехника и электроника, т.30, N 12, 1985.

8. Черемисин О.П. Адаптивные алгоритмы обработки сигналов в многоканальных приемных системах с антенными решетками, Радиотехника и электроника, т.51, N 9, 2006.

9. Промежуточный научно-технический отчет по 1 этапу НИЭР «КИМС-ВЫМПЕЛ-2014».

УДК 621.372

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ВОЗДУШНО-КОСМИЧЕСКОЙ ОБОРОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Алдошин В.В.
ОАО «Головное системное конструкторское бюро Концерна ПВО «Алмаз-Антей» имени академика А.А.Расплетина» (ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей»)

Цель сегодняшней научно-практической конференции – обсуждение проблем, направлений, перспектив развития радиоэлектронной и телекоммуникационной отраслей, обеспечивающих функционирование элементов инфраструктуры гражданского и оборонного назначения.

Мне оказана честь представлять одно из ведущих предприятий оборонно-промышленного комплекса – Головное системное конструкторское бюро Концерна ПВО «Алмаз-Антей» имени академика А.А.Расплетина. Следует отметить, что в начале февраля Концерн ПВО «Алмаз-Антей»

указом Президента Российской Федерации преобразован в Концерн воздушно-космической обороны – Концерн ВКО «Алмаз-Антей».

Каковы основные задачи воздушно-космической обороны? К ним относятся:

1) разведка воздушной, космической и радиоэлектронной обстановки, признаков подготовки воздушно-космического нападения противника и предупреждение о них органов государственного и военного управления, контроль использования воздушного и космического пространства;

2) противовоздушная и противоракетная оборона важнейших объектов государственного и военного управления, экономики и инфраструктуры Российской Федерации, основных группировок войск и объектов Вооруженных Сил, в мирное и военное время, в том числе при пресечении террористических актов в воздушной среде, отражение ударов средств воздушно-космического нападения противника и других военных объектов, действующих с воздуха, из космоса и через космос;

3) поражение (или нарушение функционирования) системы управления и навигации воздушно-космического нападения противника и обеспечение радиоэлектронной защиты своих объектов.

Система воздушно-космической обороны включает подсистемы:

1) разведки и предупреждения о воздушно-космическом нападении;

2) поражения (или подавления) средств воздушно-космического нападения иностранных государств;

3) всестороннего обеспечения;

4) управления.

Подсистема разведки и предупреждения о воздушно-космическом нападении представляет собой совокупность развернутых на земле, на море, в воздушном и космическом пространствах объединенных функциональными связями сил и средств. Ее основу составляют системы разведки и контроля воздушного пространства, предупреждения о ракетном нападении, контроля космического пространства, а также информационные средства противовоздушной и противоракетной обороны.

Подсистема поражения (подавления) представляет собой совокупность развернутых на земле, на море, в воздушном и космическом пространстве объединенных функциональными связями противовоздушных, противоракетных и противокосмических, истребительных авиационных и зенитных ракетных группировок, воинских частей и подразделений радиоэлектронной борьбы.

Подсистема управления представляет собой совокупность органов и средств управления (система связи, АСУ, а также специальные системы), развернутых на земле, на море, в воздушном и околоземном космическом пространстве функционально взаимосвязанных между собой.

На военно-исторической конференции, посвященной столетию ПВО

в России (2014 год), первый заместитель министра обороны Российской Федерации Аркадий Бахин сказал: «Ведущие государства мира делают главную ставку на завоевание господства в воздухе и космосе, проведение в самом начале войны массированных воздушно-космических операций с нанесением ударов по стратегическим и жизненно важным объектам по всей глубине страны» [1]. Поэтому первостепенной стратегической задачей становится создание и развитие воздушно-космической обороны.

В выступлении на этой же конференции генеральный конструктор Концерна ПВО «Алмаз-Антей» Павел Созинов отметил: «США ведут разработку принципиально новых средств воздушно-космического нападения, позволяющих кардинально изменить ход и исход боевых действий при проведении воздушно-космических операций. Проводимые в США работы позволят на рубеже 2020 года перейти на использование межсредных летательных аппаратов, маневренных элементов баллистических ракет и других средств доставки ядерных и обычных боеприпасов. В качестве примера он привел проекты гиперзвуковых межсредных аппаратов по программам «Фалкон» и Х-37….В связи с этим должны быть изменены требования для российских радиолокационных средств Системы предупреждения о ракетном нападении, Системы контроля космического пространства и средств поражения. Нашим конструкторам брошен вызов, на который необходим действенный ответ» [1].

Исходя из задач, стоящих перед воздушно-космической обороной, ведущие предприятия отечественного оборонно-промышленного комплекса, занятые созданием специальных систем и средств ВКО, направляют свои усилия на:

- обеспечение адекватного, а в перспективе и опережающего по отношению к силам и средствам воздушно-космического нападения иностранных государств, развития и совершенствования противовоздушной и ракетно-космической обороны;

- модернизацию существующих и создание новых (перспективных) образцов вооружения, военной и специальной техники для поэтапного перевооружения Вооруженных Сил в целях повышения возможностей решения задач разведки и поражения средств воздушно-космического нападения противника, поражения (подавления) их систем управления, наведения, навигации и связи;

- создание подсистемы управления войсками (силами) и средствами, решающими задачи ВКО, в рамках развития и совершенствования существующей системы управления Вооруженных Сил;

- поддержание и постоянное наращивание необходимого научно-технического потенциала для дальнейшего развития и совершенствования сил и средств, участвующих в решении задач ВКО.

Следует отметить, что в современных условиях вооружение и военная техника воздушно-космической обороны представляет собой исключительно наукоемкую, высокотехнологичную продукцию.

В плане обеспечения системы ВКО перспективными образцами вооружения и военной техники Головное системное конструкторское бюро «Алмаз-Антей» осуществляет разработку средств ПВО-ПРО.

Основные соединения и части Вооруженных Сил оснащены всемирно известными зенитными ракетными системами С-300 различных модификаций. Осуществляется поставка в войска системы С-400 «Триумф», существенно превосходящей по своим характеристикам как существующие, так и перспективные образцы зарубежной техники.

Совершенствование систем ПВО и ПРО продолжается. ГСКБ «Алмаз-Антей» завершает опытно-конструкторские работы по созданию систем зенитного ракетного оружия ПВО-ПРО 5-го поколения.

Разрабатываемые новые системы обеспечат прикрытие отдельных регионов, крупных городов и приоритетных стратегических целей [1].

Системы 5-го поколения, принципиально отличаются от системы С-400 «Триумф», в первую очередь по техническим и технологическим решениям, которые закладываются в радиолокационные средства и новое поколение зенитных управляемых ракет. Мы, по сути, выходим на уровень, где и для войск ВКО, и для решения задач войсковой ПВО и ПВО ВМФ на ближайшую перспективу базовыми будут унифицированные системы ПВО-ПРО 5-го поколения. Второе свойство этих систем - это расширение возможностей по противоракетной обороне.

В целом системы зенитного ракетного оружия ПВО-ПРО 5-го поколения смогут решать весь спектр задач противовоздушной и противоракетной обороны с учетом перспектив развития средств воздушно-космического нападения [2].

В ходе создания перспективных систем ПВО-ПРО учеными и специалистами предприятия получен ряд основополагающих научных и практических результатов, основными из которых являются [3]:

- разработка принципов адаптивного управления пространственными и частотно-временными характеристиками многофункциональных помехозащищённых РЛС зенитных ракетных систем;

- разработка теории и создание образцов фазированных антенных решёток (ФАР), обеспечивающих адаптацию РЛС к сложным помеховым условиям, управление поляризацией зондирующих сигналов РЛС;

- обоснование построения твёрдотельных приёмно-передающих активных ФАР сантиметрового диапазона волн;

- разработка новых методов и средств автоматизированного контроля ФАР, а также проектирование радиоэлектронной аппаратуры на матричных БИС и СБИС;

- разработка перспективных РЛС с сигналами наносекундной длительности и высокопотенциальных РЛС зенитных ракетных систем следующего поколения на основе адаптивных активных фазированных антен-

ных решёток.

Был осуществлен комплекс работ по созданию:

- для устройства обработки сигналов – цифровых БИС и СБИС памяти и процессоров обработки сигналов;

- для бортовой ЭВМ – БИС процессора и сопроцессора;

- для антенного устройства – БИС для адаптивного управления поляризацией зондирующих сигналов,

а также много иных очень важных работ.

Следует отметить, что первостепенное значение для создания зенитных ракетных систем имела разработка антенных элементов ФАР для всего ряда модификаций системы семейства С-300, а также для системы С-400 «Триумф».

Создание новых систем потребовало разработки радиотехнических элементов, а также необходимой для них элементной базы и новых материалов: СВЧ ферритов, низкочастотных ферритов для ферритовых фазовращателей, ситалла для излучателей антенных элементов; однокристальных микросхем для управления ферритовыми фазовращателями, объединяющими в себе маломощные логические элементы с мощными ключевыми схемами [3].

Создание перспективных наукоемких радиотехнических систем невозможно без развития научного потенциала предприятия, притока свежих молодых, талантливых сил. Поэтому уже много лет существуют и плодотворно работают базовые кафедры МГТУ МИРЭА при ГСКБ «Алмаз-Антей»: «Радиотехнические и оптоэлектронные информационные технологии», а также «Морское приборостроение» (Факультет радиотехнических и телекоммуникационных систем), которые возглавляют ведущие ученые нашего предприятия. Студенты этих кафедр в процессе обучения приобретают навыки работы в структурных подразделениях-разработчиков специальной техники, готовят дипломные работы по тематике предприятия и многие из них становятся штатными работниками ГСКБ «Алмаз-Антей». Подобная интеграция учебного процесса и реальной практической деятельности показала свой положительный эффект, так как в разработках перспективных радиотехнических систем ВКО принимают участие и бывшие выпускники уважаемого МГТУ МИРЭА.

Библиографический список

1.Мясников В. Противоракетная и противовоздушная оборона России будет лучшей в мире // Независимое военное обозрение. 12.12.2014 – nvo.ng.ru.

2.Созинов П.А. Спектр задач противовоздушной и противоракетной обороны // Информационное агентство «Оружие России». 26.03.2015 – arms-expo.ru.

3.Нескородов В.В. К 80-летию А.А.Леманского //Вестник воздушно-космической обороны – 2015, № 2(6).

УДК 334
614.8

ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА – ПЕРСПЕКТИВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЯ СРЕДСТВ ХИМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА В ИНТЕРЕСАХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ ХИМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РОССИИ

Егоров Е.В., Палатов Ю.А., Бычков К.А., Николаев А.В., Князев Н.А., Чухлебов Е.И.

Система химического, биологического и радиоактивного мониторинга, должна обеспечить оперативный контроль экологической обстановки на значительных территориях основных промышленных регионов Российской Федерации, где в настоящее время функционирует свыше 10 тыс. потенциально опасных химических объектов, относящихся к топливно-энергетическому комплексу, цветной и черной металлургии, химической, целлюлозно-бумажной, пищевой и другим различным отраслям промышленности и сельского хозяйства (при этом 70 процентов из них расположены в 146 городах с населением более 100 тыс. человек) [1].

Кроме того настоящее десятилетие характеризуется все более возрастающей угрозой террористических актов с применением химических, биологических и радиоактивных веществ. В связи с этим становится весьма актуальной проблема оперативного мониторинга на больших территориях, которая может быть успешно решена только при использовании современных космических средств и методов дистанционного зондирования Земли – ДЗЗ[2].

1. Теоретические и физические основы обнаружения облаков токсичных химикатов наземными и орбитальными средствами

Облака ФАВ**,** образовавшиеся в результате аварий на потенциально опасных химических объектах, представляют хорошие цели для пассивных методов локации, поскольку имеют достаточно большой температурный контраст в инфракрасном и СВЧ диапазонах, так как при авариях, как правило, образуются мощные облака ФАВ и СДЯВ с концентрацией порядка 15 мг/м^{3}для первичного облака и 0,1-05 мг/м^3 для вторичного. Размеры облаков колеблются от десятков до сотен метров для первичного облака и до нескольких сотен для вторичного облака. Облака ФАВ и СДЯВ значительно загрязняют окружающую среду, делая ее опасной для человека, всей фауны и флоры[1,3,4,]. Весьма важно, что ФАВ и СДЯВ влияют на растительный покров, изменяя индекс вегетации, который яв-

ляется весьма чувствительным индикатором воздействия на растительность ФАВ и СДЯВ [5,13].

Теоретической основой для осуществления наземного и космического мониторинга является решение уравнения обнаружения газо-аэрозольного облака с яркостной температурой $T_я$ (К°) и концентрацией Собл на фоне земной поверхности, в также измерения индекса вегетации растительного покрова, подвергшегося воздействию ФАВ и СДЯВ, по регистрации спектрального коэффициента отражения растительного покрова[4,5].

В первом случае обнаружение облаков производится по прямым демаскирующим признакам - тепловому излучению, во втором случае по косвенным признакам- изменению спектрального коэффициента отражения растительности. Основные физически эффекты (поглощение, рассеяние, излучение) и соответствующая аппаратура приведены) на рисунке 1 [4,5].

Рис. 1. Физические основы космического мониторинга химического заражения окружающей среды

Проведенное математическое моделирование показало, что облака ФАВ с концентрацией от 10^{-3} мг/л до 10^{-2} мг/л имеют достаточно высокий температурный контраст 2-10 К° в спектральном диапазоне 2700-2900 $см^{-1}$ [5].

Результаты математического моделирования интенсивности спектра ИК-излучения облака ФАВ (изопропиловый эфир) в диапазоне 3-12 мкм на рис. 2. Из этих данных следует, что для дистанционного мониторинга обнаружения ФАВ предпочтительно использовать область спектра Р-О-С колебаний (9,6-9,,8 мкм).

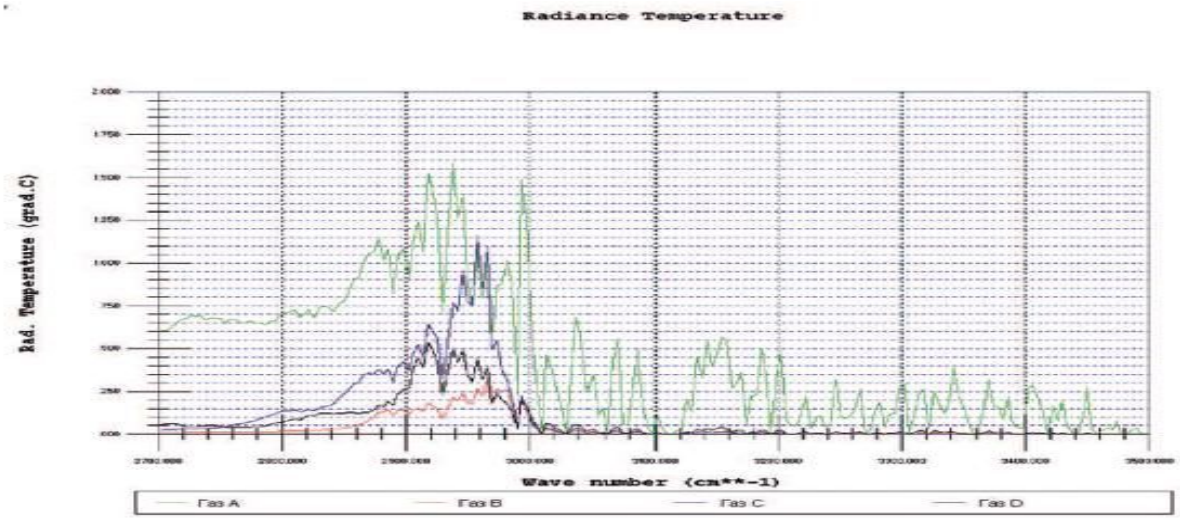


Рис. 2. Температурный контраст облаков некоторых ФАВ диапазоне 2700-2900 $см^{-1}$ [5]

Мониторинг таких облаков с наземных, а также орбитальных средств может быть осуществлен фурье-спектрорадиометром с орбит 300-500 км или гиперспектрометром [8,12]. Измерение спектрального коэффициента отражениям может быть проведено радиометром–спектрометром видимого диапазона длин волн, более подходящими являются гиперспектрометры [15].

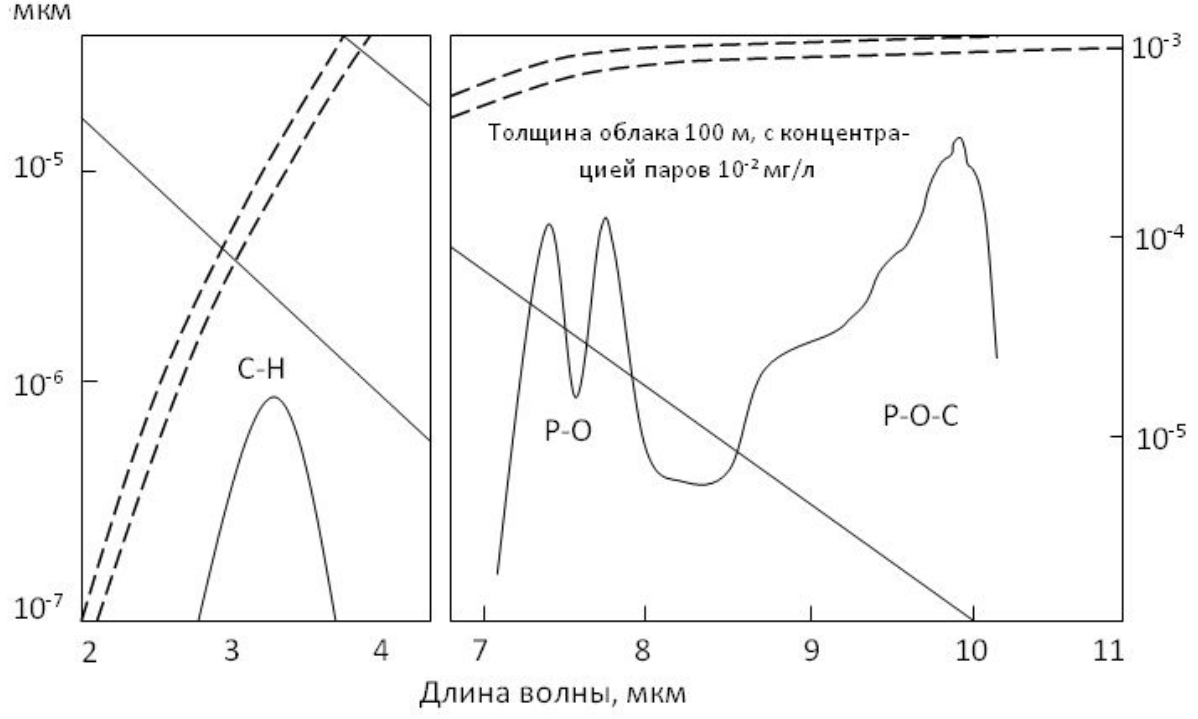


Рис. 3. Интенсивность ИК-излучения облака ФАВ (изопропиловый эфир) в диапазоне 3-12 мкм

Зависимость нормализованного разностного индекса NDSI для различных объектов приведена на рис. 4.

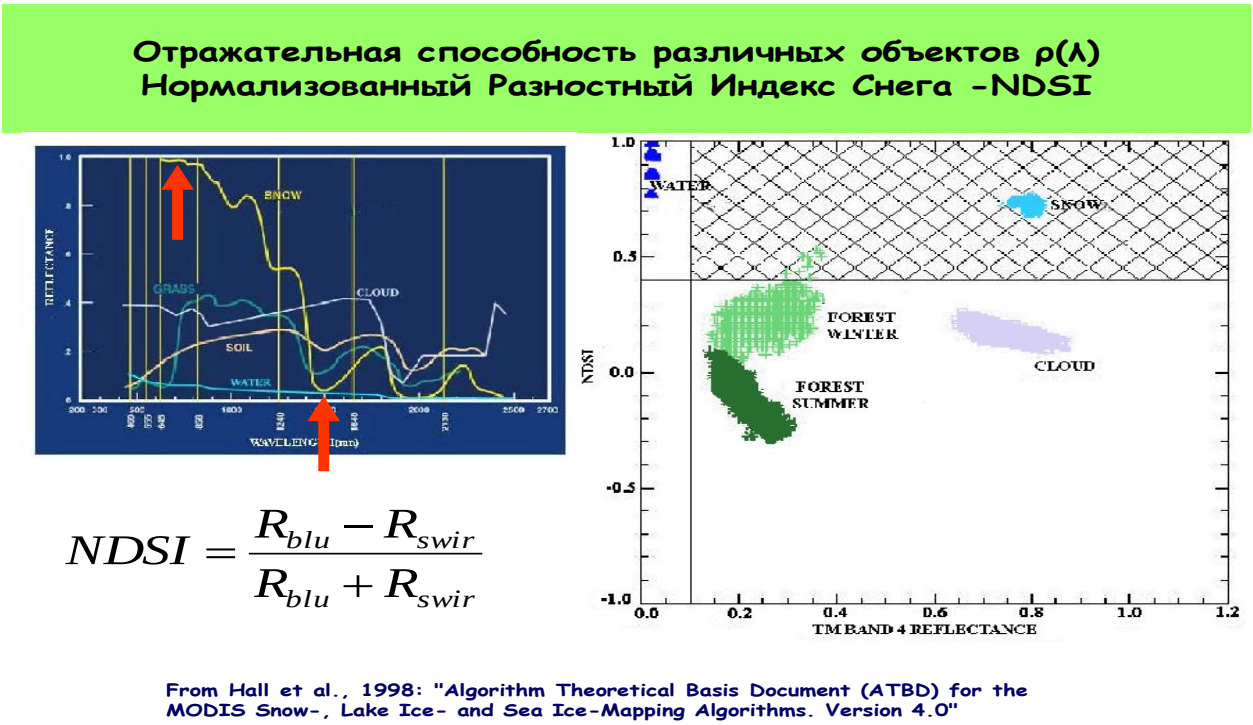


Рис. 4. Зависимость нормализованного разностного индекса NDSI для различных объектов

Наиболее чувствительным индикатором ФАВ является трава (grass-пырей) измерения производятся на линиях отмеченными стрелками. Гиперспектрометрия позволяет увидеть разницу в спектрах отражении различных ФАВ и СДЯВ (хлор, аммиак, синильная кислота и т.п.). Вегетативные репродуктивные органы растительности поражаются в первые сутки воздействия ФАВ и СДЯВ [13].

2. Контроль облаков фав при чрезвычайных ситуациях средствами дистанционой химической разведки

Дистанционные средства химической разведки на объектах уничтожения химического оружия могут найти применение для определения координат облаков и их геометрических размеров (глубина, высота, ширина) при их перемещениях в приземном слое атмосферы. Они позволят определить в реальном масштабе времени опасность района размещения объекта уничтожения ХО на глубину до 20 км и принять соответствующие меры по ликвидации последствий аварий на объекте.

Комплекс лазерной наземной дистанционной радиационной, химической и биологической разведки НЛК-РХБР [2], предназначенный для оперативного дистанционного выявления радиационной, химической и

биологической (РХБ) обстановки и обеспечения органов управления оперативно – тактического звена информацией о: фактах применения оружия массового поражения и аварий (разрушений) РХБ опасных объектов; скорости и направлении перемещения РХБ облаков может найти применение для контроля аварийных ситуаций.

Комплекс НЛК-РХБР может быть использован для определения координат облаков ФАВ и их геометрических размеров (глубина, высота, ширина) при их перемещениях в приземном слое атмосферы на дальностях до 20 км. Также для этих целей может быть использован лазерный комплекс дистанционной химической разведки КДХР-1Н «Даль-1», первая отечественная лазерная система, определяющая координаты облаков ФАВ [6,7].

Для контроля аварийных ситуаций могут также использоваться приборы химической разведки дистанционного действия серии ПХРДД-2 и ПХРДД-3 пассивного типа, предназначенные для обнаружения паров широкого круга токсичных химикатов в приземном слое воздуха в полевых условиях на фоне топографических объектов. Приборы обеспечат информацией о концентрации веществ в многокомпонентной смеси, координатах и направления перемещения облака и времени обнаружения ФАВ.

Прибор ПХРДД-2Б предназначен для эксплуатации в составе машин радиационной, химической и биологической (РХБ) разведки (базовое шасси БТР-80) с размещением под броней и использованием телескопического подъемника [9,10]. Прибор ПХРДД-2Б предназначен для эксплуатации в составе современных мобильных комплексов РХБ разведки с размещением датчиковой аппаратуры на броне в защитном кожухе. Прибор ПХРДД-2С предназначен для эксплуатации в стационарных условиях, на химически опасных объектах с целью контроля в режиме реального времени состояния воздушной среды. Основные характеристики приборов приведены в таблице 1.

Таблица 1

Основные тактико-технические характеристики

Показатель		**Значение**	
		ПХРДД-2	**ПХРДД-3**
Дальность обнаружения заданных веществ, не менее	км	**до 6**	**1**
Порог чувствительности обнаружения	мг/м^2	**50**	**150**
Время обнаружения, не более	сек	**1**	
Вероятность обнаружения заданных веществ не менее		**0,9**	

Рабочий спектральный диапазон	мкм	**7-13**	
Спектральное разрешение	$см^{-1}$	**4**	**8**
Обзор пространства в режиме сканирования по: азимуту углу места	град град	**360** **-15 ...+45**	**-** **-**
Время выхода в рабочий режим после включения, не более	мин (сек)	**15**	**(10)**
Общее энергопотребление: в пусковом режиме в рабочем режиме	 Вт Вт	 	 **40** **20**
Масс изделия, общая блока оптико-механического	кг кг	**100** **15**	**10** **5**

3. Анализ возможностей существующей системы космического мониторинга

Блок-схема Государственного мониторинга окружающей среды представлена на рис. 5.

Рис. 5. Блок-схема Государственного мониторинга

В состав системы входят космические системы ДЗЗ с орбитальными группировками отечественных и зарубежных космических аппаратов (КА).

Возможности отечественной космической съемки орбитальной группировкой средств ДЗЗ в 2012-2015 гг. приведены на рис. 6.

Тип КА	Тип аппаратуры ДЗЗ	Линейное разрешение (метры)	Спектральные диапазоны (мкм)	Прием данных ДЗЗ
Ресурс - ДК	Оптико-электронная: • панхроматическая; • многозональная	1000 3 4000 от 3,0 до 4,0	Панхроматический - 0,58 ÷ 0,8 0,5 ÷ 0,6 (6 каналов) 3,5 ÷ 12,5 Ближний ИК - 0,7 ÷ 0,8	До 6 раз в сутки, около 20 тыс. кв. км ежесуточно
Метеор - М	Оптико-электронная : • видимый диапазон; • инфракрасная; •многозональная	60 и 120	0,370 ÷ 0,900 (6 каналов) (10 каналов)	2 раза в сутки. Глобальная съемка Земли в течение суток, до 8 сеансов. Съемка всей территории России в течение 4 сут.
Электро - Л	Оптико-электронная: • многозональная; • инфракрасная	1000 4000	0,5 ÷ 0,9 3,5 ÷ 12,5	Глобальная съемка восточного полушария Земли каждые 30 мин
Ресурс - П	Оптико-электронная: • панхроматическая; • многозональная; • гиперспектральная	0,9, 12, 60, 24 ÷ 120 30	0,58 ÷ 0,80 0,45 ÷ 0,90 (5 каналов) 0,40 ÷ 1,10 (до 150 каналов)	До 18 раз в сутки, около 250 тыс. кв. км ежесуточно
Канопус - В	Оптико-электронная: • панхроматическая; • многозональная.	2,5 12,0	0,58 ÷ 0,86 0,46 ÷ 0,84 (4 канала)	До 18 раз в сутки, около 100 тыс. кв. км ежесуточно
МКА ФКИ	Оптико-электронная: • многозональная; • гиперспектральная	120 50	0,48 ÷ 0,95 (4 канала) 0,40÷ 1,10 (до 150 каналов)	До 4 раз в сутки, ежесуточно 400 тыс. кв. км 35 тыс. кв. км
		1 ÷ 2 – детальный		41

Рис. 6. Отечественная орбитальная группировка

Существующие спутниковые системы обеспечивают:

- глобальность и оперативность наблюдений в широком спектральном диапазоне от 0,25 мкм до 12 мкм и высоким пространственным разрешением до 1-3 м;

- мониторинг крупных или постоянных выбросов промышленных предприятий и аварийных ситуаций в районах расположения потенциально опасных химических объектов по косвенным признакам (вегетационный индекс*)*

-мониторинг и классификацию загрязнений почвы и водных поверхностей; - обнаружение крупных пожаров и выделение пожароопасных зон в лесах.

Современные зарубежные космические комплексы и системы ди-

станционного зондирования(см.таблицу 2) Земли, включают в космические аппараты серии NOAA, «LANDSAT», «SPOT», «IRS», «RADARSAT», «ERS» а также космические аппараты детальной съемки серии «Iconos-2», «Quick Bird-2», «OrbView» и «Eros-B» и др., однако они не отвечают требованиям по спектральному разрешению в инфракрасном диапазоне длин волн и не обеспечивают необходимой оперативности наблюдения [15].

Таблица 2

Современные космические системы Дистанционного Зондирования Земли

Современные космические системы Дистанционного Зондирования Земли, видимого и ИК- диапазонов

Спутник	Сканер	Спектральные диапазоны	Кол. каналов	Геометрическое разрешение на местности, м	Ширина полосы съемки, км	Формат регистрации данных, бит
NOAA	AVHRR	Видимый (0.4-1.0 мкм) БИК (1.0-2.5 мкм) СИК (2.5-5.0 мкм) ТИК (5.0-12.5 мкм)	2 1 1 2	1100 1100 1100 1100	2700	10
Terra	MODIS	Видимый (0.4-1.0 мкм) БИК (1.0-2.5 мкм) СИК (2.5-5.0 мкм) ТИК (5.0-12.5 мкм)	16 4 6 10	250 (1 и 2) 500 (3-7) 1000 (8-36)	2330	12
Terra	ASTER	Видимый (0.4-1.0 мкм) БИК (1.0-2.5 мкм) СИК (2.5-5.0 мкм) ТИК (5.0-12.5 мкм)	3 6 - 5	13 30 - 90	60	12, 16-тепловые каналы
Landsat 7	ETM	Видимый (0.4-1.0 мкм) БИК (1.0-2.5 мкм) СИК (2.5-5.0 мкм) ТИК (5.0-12.5 мкм)	4 2 - 1	30 30 - 60	185	8

Дальнейшим развитием средств дистанционного зондирования (ДЗЗ) является применение гиперспектральной съемки и ИК-спектроскопия высокого разрешения до 1-10 см-1 [15].

4. Построение перпективной федеральной системы космического мониторинга химически опасных объектов и объектов уничтожения химического оружия

Орбитальное построение перспективной отечественной космической системы для решения задач гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды представлено на рисунке. В группировку входят: КА «Метеор» №2, «Метеор» №3, «Метеор МП-КИ», «Метеор МП-О», «Метеор МП-ЛКИ», КА « Ионосфера», КА «Канопус», КА «Зонд». Орбитальная система представлена на рис. 7.

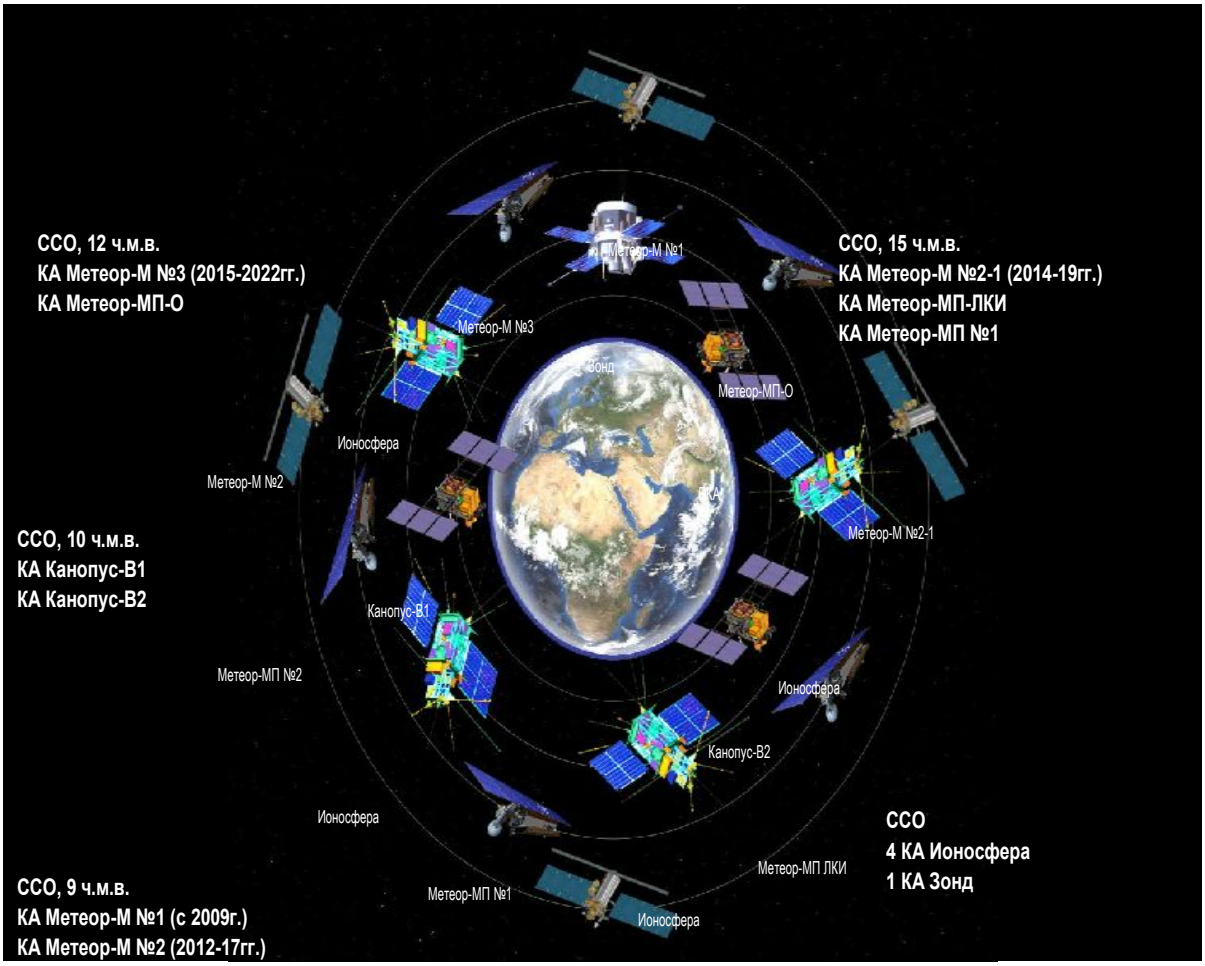


Рис. 7. Отечественная орбитальная группировка КА со средствами ДЗЗ

Оценивая пригодность орбитальной группировки следует отметить, что она не может обеспечить решения всех задач химического мониторинга, так как не отвечает требованиям по оперативности наблюдения и спектральному разрешению для обнаружения облаков ФАВ по прямым демаскирующим признакам-спектрам излучения ФАВ в диапазоне 3-12 мкм с разрешением не менее 1-4 $см^{-1}$ [15].

Для химического мониторинга поэтому назрела необходимость разработки специального модуля бортовой аппаратуры для оснащения универсальной космической платформы «Яхта» КА «Монитор», разработанной Государственным космический научно-производственным центр имени М.В. Хруничева [14,16].

В состав такого модуля должны входить: гиперспектрометр видимого диапазона, Фурье-спектрометр радиометр, радиолокатор миллиметрового диапазона длин волн и другая обслуживающая аппаратура. Имеются все научно-технические предпосылки создания модуля РХБ разведки и экологического мониторинга [15].

Основные требования к аппаратуре модуля приведены в таблице 2.

Таблица 3

Требования к аппаратуре модуля

Параметры	Тип аппаратуры			
	Радио-локатор	Фурье-спектро-метр	Гипер-спектро-метр	Видео камера
Область спектра	3,2 мм	3,5-	0,25 -2,5	0.4- 0,8
Пространственное разреше-ние, м	50	50х50	2-3	20
Спектральное разрешение, см-1		1-2	0,01 нм	10 нм
Полоса обзора, км	300	16	30х30	5
Угловое поле зрения, 10-4 рад		10-3 -10-4	2•10-3	4х4
Минимально-регистрируемый температурный контраст, град	2	1-2		

Вариант построения Федеральной системы химического мониторинга России представлен на рисунке 8 [16]. Для создания Федеральной системы химического мониторинга имеются все необходимые научно-технические предпосылки.

В интересах создания системы космического мониторинга целесообразна постановка НИОКР.

Библиографический список

1. Палатов Ю.А., Князев Н.А., Втюрин С.А Перспективы использования гибридных лидарных систем для мониторинга загрязнений окружающей среды из космоса. //Третья открытая всероссийская конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». М.:-ИКИ РАН. 16-18 ноября 2005 г.

2.Барталев С.А., Князев Н.А., Палатов Ю.А. и др., Современные возможности создания региональной системы космического мониторинга экологической обстановки и контроля сельскохозяйственной деятельности //Вторая открытая всероссийская конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». М.:-ИКИ РАН. 16-18 ноября 2004 г.

3. Князев Н.А., Палатов Ю.А., Кулешов Ю.П., Втюрин С.А. и др., Научно-технические предпосылки создания спутниковой системы контроля экологической радиационной и химической обстановки, //Вторая открытая всероссийская конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». -М.:-ИКИ РАН. 16-18 ноября 2004 г.

4. Князев Н.А., Палатов Ю.А., Втюрин С.А. и др., Задача определения из космоса облаков физиологически активных веществ. //Девятая открытая всероссийская конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». -М.:-ИКИ РАН. 16-18 ноября 2011 г.

5. Приказ МО РФ № 328 от 10.08.2006 г. «О принятии на снабжение ВС РФ комплекса лазерной наземной дистанционной радиационной, химической и биологической разведки КЛН-РХБР»

6. Palatov Y.A.. “Laser System for sensing of atmospheric pollution and Chemical Warfare Agents”, //“Proceeding of the Fifth International Symposium on Protection Against Chemical and Biological Warfare Agents”, Stockholm, Sweden , pp. 45-50,. 11-16 June (1995).

7. Palatov Y.A “KDKhR-1N Distant Ground Laser Toxic Alarm System”, Military Parade. Magazine of the Military Industrial Complex, Moscow, pp 46-50, vol. 1, 1997

8. И.В. Кочиков, А.А. Мазничко, А.Н. Морозов, А.Л. Назолин, А.В. Соловьев, С.Е. Табалин, Светличный С.И., Фурье-спектрометр-радиометр для контроля выбросов промышленных предприятий. - //Наука производству, 1998, № 8(10), с. 46-51 .

9. Приказ Министра обороны № 65 от 18.02.2004 г. о принятии на снабжение ВС РФ прибора ПХРДД-2

10. Приказ Министра обороны №66 от 31.03.2010 г.) . о принятии на снабжение ВС РФ прибора ПХРДД-3

11. Тимофеев Ю.М, Спутниковый мониторинг газового и аэрозольно-

го состава атмосферы, // «Развитие системы мониторинга состава атмосферы (РСМСА)» РСМСА, -. РСМСА - СПб.:Санкт-Петербург . 2006

12. . Горчаковский С.Н., Ивлев О.А., И.В. Кочиков, А.А. Мазничко, А.Н. Морозов, Ю.А. Палатов, С.И. Светличный, С.Е., Табалин, Малогабаритный фурье-спектрометр для дистанционного анализа газовых сред,// Оптический журнал, 1998, т. 65, № 6, с. 86-89.

13. Бадтиев Ю.С., Методология био диагностики качества окружающей среды военных объектов, Московский Государственный университет имени М.В. Ломоносова, Биологический факультет, Москва – 2006..

14. Государственный космический научно-производственный центр имени М.В. Хруничева , w.space.hobby.ru/organizations/khrunicheva_center.html Универсальная космическая платформа УКП «Яхта», Реклама.

15. Палатов Ю.А., Антохин А.М., Корнеев Д.О.и др. Исследование и разработка научно-технических путей использования космической информации для наблюдения за химически опасными объектами». Отчет по НИР «Гиперболоид» -М.: ФГУ «27 НЦ МО РФ». 2008.

16. Государственный космический научно-производственный центр имени М.В. Хруничева www.space.hobby.ru/organizations/khrunicheva_center.html

УДК 621.372

РАЗРАБОТКА АВАНПРОЕКТА РЕГИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ НАЗЕМНО-КОСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ПРИРОДНОГО И ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРА СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Меньшиков В.А., Чурсин О.Б.,
НП «Международный комитет по реализации Проекта МАКСМ»

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 (см. рис. 1). Это говорит о высокой эффективности предупредительных мероприятий и мероприятий по ликвидации чрезвычайных ситуаций (ЧС). Вместе с тем риски природных и техногенных ЧС, возникающие в процессе глобального изменения климата, хозяйственной деятельности или в результате крупных техногенных аварий и катастроф,

несут значительные угрозы населению и объектам экономики страны. Вопрос обеспечения безопасности в условиях угроз природного и техногенного характера становится особенно актуальным при реализации новых крупных экономических и инфраструктурных проектов.

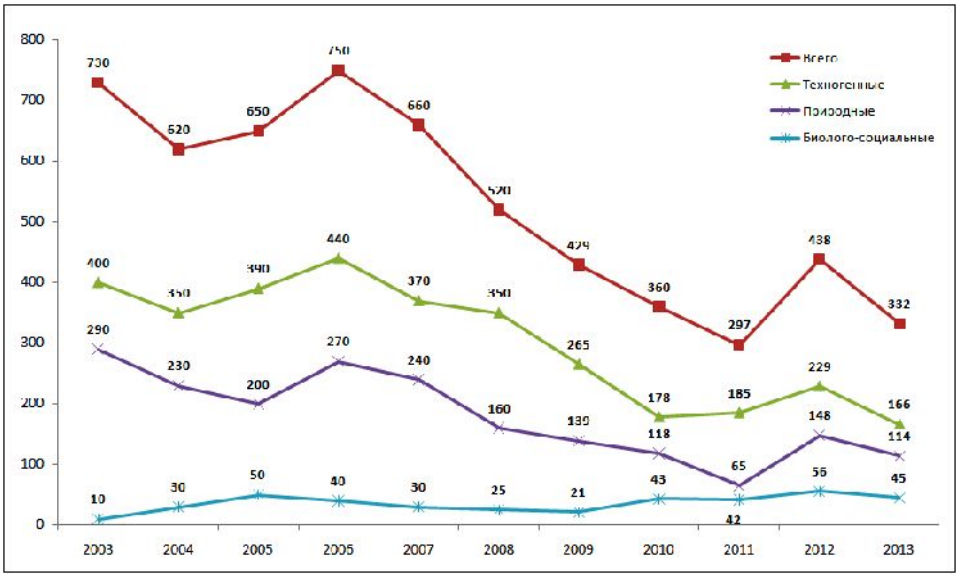


Рис. 1 – Динамика изменения количества ЧС (по типам), произошедших в Российской Федерации в период 2003-2013 гг.

По-прежнему значительную угрозу для населения представляют сейсмические опасности, так как более 25 процентов территории Российской Федерации с населением более 20 миллионов человек может подвергаться землетрясениям силой 7 баллов и выше. На сейсмоопасных территориях находится большое количество критически важных объектов и жилых зданий, а также планируются к реализации крупные экономические и инфраструктурные проекты, что в случае сильного землетрясения может привести к серьезным разрушениям опасных объектов и усилить поражающий эффект для населения.

Значительные риски ЧС обусловлены, в том числе глобальным изменением климата, изменением границ областей вечной мерзлоты и другими природными процессами.

В зонах возможного воздействия поражающих факторов при авариях на потенциально опасных объектах проживает свыше 90 миллионов жителей России (60% населения страны). При этом значительную социальную напряженность в обществе вызывают ЧС, инициируемые авариями на объектах теплоснабжения и ЖКХ.

В связи с усложнением процесса добычи углеводородов возрастает риск возникновения ЧС, обусловленных авариями, связанными с добычей, транспортировкой и переработкой нефтепродуктов, природного газа и угля.

Анализ информации о чрезвычайных ситуациях с учетом структуры угроз и динамики их изменений свидетельствует о том, что стихийные бедствия, связанные с опасными природными явлениями и пожарами, происшествия на воде, а также техногенные аварии и террористические акты являются основными источниками ЧС и представляют значительную угрозу для безопасности граждан, экономики страны и, как следствие, для устойчивого развития и национальной безопасности России. Годовой экономический ущерб (прямой и косвенный) от ЧС составляет 1,5-2% валового внутреннего продукта страны (от 675 до 900 млрд. рублей) [3,…]. Чрезвычайные ситуации федерального и регионального характера в регионах с малым бюджетом могут существенно ограничивать их социально-экономическое развитие.

Сегодня основной задачей деятельности органов государственной власти в области снижения рисков ЧС природного и техногенного характера является обеспечение необходимых условий для безопасной жизнедеятельности населения, сбалансированного и устойчивого социально-экономического развития регионов и страны в целом с учетом планов реализации экономических и инфраструктурных проектов на период до 2020 года.

В соответствии со Стратегией национальной безопасности Российской Федерации до 2020 года [1] обеспечение национальной безопасности в чрезвычайных ситуациях достигается путем совершенствования и развития Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, её интеграции с аналогичными зарубежными системами.

Решение задач обеспечения национальной безопасности в чрезвычайных ситуациях достигается за счет повышения эффективности реализации полномочий органов государственной власти и органов местного самоуправления в области обеспечения безопасности жизнедеятельности населения, обновления парка технологического оборудования и технологий производства на потенциально опасных объектах и объектах жизнеобеспечения, внедрения современных технических средств информирования и оповещения населения в местах массового пребывания, а также разработки системы принятия превентивных мер по снижению рисков и смягчению последствий ЧС природного и техногенного характера и террористических актов.

Поддержание высокого уровня национальной безопасности, включая безопасность населения и территорий от ЧС природного и техногенного характера, предусмотрено Концепцией долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года [2] 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 опасно-

стей и угроз различного характера – вместо культуры реагирования на чрезвычайные ситуации на первом месте должна быть культура предупреждения [3].

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 [3]:

– 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.

Обеспечение высоких стандартов жизнеобеспечения и создание условий для безопасной жизнедеятельности населения, предотвращение экологических бедствий и техногенных катастроф, предупреждение возникновения чрезвычайных ситуаций являются важнейшими задачами государства. Проблема носит комплексный характер, ее решение требует продуманной координации действий органов государственной власти на федеральном и региональном уровнях, предполагает обеспечение тесного взаимодействия государства и бизнеса в рамках государственно-частного партнерства, активного сотрудничества с заинтересованными сторонами на международном уровне.

Однако этот путь возможен лишь при четкой координации проводимых мероприятий на федеральном, региональном и объектовом уровнях, постоянном их мониторинге и анализе эффективности финансовых затрат на указанные мероприятия.

Всё вышесказанное характерно практически для всех регионов Российской Федерации, но требует особенно пристального внимания в отношении Северо-западного федерального округа (СЗФО).

Высокая освоенность территории СЗФО, особенно на юго-западе региона, обусловила значительную антропогенную нагрузку на природную среду и нарушение экологического равновесия. Для региона характерен повышенный уровень урбанизации. Опасность техносферы для населения и окружающей среды определяется наличием в промышленности, энергетике и коммунальном хозяйстве большого количества радиационно, хими-

чески, пожаро- и взрывопожарных производств и технологий. Всего на территории региона насчитывается около 3000 таких объектов, образующих значительную зону опасности. В регионе постоянно происходят различного рода опасные природные явления, а на промышленных объектах – аварии, катастрофы. Общее число ЧС техногенного и природного характера остается высоким. Так, например, в 1998 г. в Северо-западном регионе произошло 274 чрезвычайные ситуации, в 2008 г. – 296, из которых 278 техногенного характера [4].

Рис. 2 – Особенности Северо-западного федерального округа.

Исходя из этого, в настоящее время по заказу органов исполнительной власти Архангельской области Международным комитетов по реализации Проекта МАКСМ разрабатывается аванпроект региональной системы наземно-космического мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера Северо-западного федерального округа Российской Федерации.

Основной целью реализации Проекта Международной аэрокосмической системы глобального мониторинга (МАКСМ) на региональном уровне является обеспечение своевременного предупреждения органов исполнительной власти и населения СЗФО о грозящих стихийных бедствиях, а также чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера на основе оперативного мониторинга и прогнозирования с использованием научно-технического потенциала технических средств космического, авиационного (воздушного) и наземного применения.

Укрупненная структура региональной системы наземно-космического мониторинга и прогнозирования ЧС природного и техногенного характера (РСНКМ) Северо-западного федерального округа Российской Федерации представлена на рис. 3.

Рис. 3 – Структура региональной системы наземно-космического мониторинга и прогнозирования ЧС природного и техногенного характера Северо-западного федерального округа России.

В рамках проекта РСНКМ будут решаться следующие основные задачи:

1) наблюдение поверхности, атмосферы, ионосферы и магнитосферы Земли 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, циклонов и антициклонов;

– мониторинга состояния потенциально опасных (химически, радиационно-, пожаро- и взрывоопасных объектов, гидротехнических сооружений) объектов промышленной инфраструктуры;

2) передачу получаемых данных мониторинга на наземные стационарные и мобильные станции приема космической информации в режиме получения данных или с задержкой при накоплении данных в бортовом запоминающем устройстве КА;

3) первичную обработку полученных данных космической съёмки

на наземных и мобильных станциях приема и передача данных мониторинга в глобальные (международные) и национальные центры управления в кризисных ситуациях;

4) тематическую обработку полученных данных мониторинга для решения задач глобального оперативного и краткосрочного прогноза стихийных бедствий, а также хранение и отображение полученной информации в международных центрах управления в кризисных ситуациях;

5) оперативное доведение информации прогнозного мониторинга до государственных органов управления в интересах снижения опасности стихийных бедствий и техногенных катастроф и минимизации возможных негативных последствий их проявления;

6) гарантированное навигационное и телекоммуникационное обеспечение (телематика) организационно-технических и гуманитарных мероприятий, проводимых в условиях возникновения ЧС, включая оказание экстренной медицинской помощи («медицина катастроф») и оптимизацию перемещения людей и транспортировки грузов;

7) поэтапное формирование «единого информационного пространства безопасности» региона в интересах снижения глобальных рисков и парирования возникающих угроз.

Для решения указанных задач в составе РСНКМ предполагается создание специализированной орбитальной группировки (ОГ) спутников дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) различного целевого назначения.

Первым вариантом развертывания ОГ ДЗЗ может стать создание ограниченной по составу космической системы на базе двух малых КА (массой до 400 кг) – оптико-электронного и радиолокационного наблюдения – с соответствующими наземными средствами управления, приёма, обработки и распространения (доведения до потенциальных потребителей) специальной информации.

Спутник оптико-электронного наблюдения должен обеспечивать получение информации в видимом и ближнем инфракрасном (ИК) диапазонах электромагнитного спектра о заданных объектах, районах и областях земной поверхности, её передачу в реальном масштабе времени на наземные комплексы приёма, обработки и распространения информации (НКПОР).

Орбита функционирования спутника и характеристики его целевой оптико-электронной аппаратуры (ОЭА) должны обеспечить выполнение следующих основных требований при проведении съёмки земной поверхности:

- диапазон широт съёмки – от 35 до 85° с.ш.;
- ширина полосы захвата ОЭА – не менее 40 км;
- ширина полосы обзора ОЭА – не менее 700 км;
- пространственное разрешение на местности – от 2,0 до 50,0 м;
- обеспечение панхроматического (1 канал) и мультиспектрального

(3-5 каналов) режимов съёмки в видимом диапазоне электромагнитного спектра (на длинах волн от 0,4 до 0,8 мкм);

– обеспечение режима съёмки в ближнем ИК-диапазоне на длинах волн от 0,9 до 2,0 мкм.

Спутник радиолокационного наблюдения предназначен для осуществления съёмки поверхности Земли с орбиты высотой ~600 км в X-диапазоне электромагнитного спектра (длина волны – 3,1 см) с обеспечением линейного разрешения на местности 1,0-2,0 м при полосе обзора не менее 400…600 км и полосе захвата 25…50 км (в маршрутном режиме съёмки) и не менее 10 км (в детальном режиме). Главным его преимуществом по сравнению со спутником оптико-электронного наблюдения является возможность всепогодного (даже при наличии плотной облачности) и круглосуточного (включая ночные часы) наблюдения земной поверхности. При этом наряду с задачами, решаемыми спутником оптико-электронного наблюдения, радиолокационный МКА будет решать задачи, связанные с тектонической деятельностью, что особенно важно применительно к целям создания МАКСМ.

Дополнительно к ОЭА и РЛБО оба спутника необходимо оснастить специальной научной геофизической аппаратурой для регистрации предвестников (признаков) стихийных бедствий и техногенных катастроф.

Наземный комплекс управления предлагается создать на базе наземных станций, работающих в радиолюбительских частотных диапазонах, имеющих многолетнюю успешную эксплуатационную историю.

Наземный специальный комплекс приема информации ДЗЗ будет создаваться на базе перспективных станций X-диапазона в стационарном и мобильном вариантах (см. рис. 4).

Рис. 4 – Наземный комплекс управления специализированной орбитальной группировкой МКА.

Срок реализации предложения по созданию указанной космической системы оценивается в 3 года с момента принятия решения о создании спутников до момента их запуска на рабочие орбиты.

Вместе с тем, создание РСНКМ на основе МАКСМ и начало её функционирования уже сегодня возможны с привлечением как эксплуатируемых (Канопус-В, БКА, Ресурс-ДК, Ресурс-П, Метеор-М), так и планируемых к развёртыванию в ближайшей перспективе (Канопус-ВМ, Канопус-ИК, Кондор, Обзор-О, Обзор-Р, Ионосфера и др.) российских и белорусских КА ДЗЗ.

Из баллистических расчетов следует, что периодичность наблюдения одного и того же района при фиксированной высоте приполярной солнечно-синхронной орбиты около 600 км зависит от числа спутников в одной орбитальной плоскости и числа орбит, как это показано в таблице 1.

Таблица 1

Обеспечение периодичности наблюдения заданного района при фиксированной высоте орбиты

Число орбитальных плоскостей	1	**2**	3	4	5	6
Суммарное число КА в орбитальных плоскостях	4	**8**	12	16	20	24
Периодичность наблюдения заданного района на экваторе, сутки	1,0	**0,5**	0,32	0,29	0,25	0,22

Для решения задач краткосрочного прогнозного мониторинга силами только МАКСМ потребовалось бы развернуть орбитальную группировку из 24 КА, расположенных в 6-ти орбитальных плоскостях. Однако если к решению задач мониторинга привлечь ресурсы действующих космических систем гидрометеорологии, гелиофизики и ДЗЗ (на орбите действует около 80 спутников различной национальной принадлежности), навигации, связи и ретрансляции, разворачивающиеся международные космические системы мониторинга и имеющиеся авиационные средства для локального мониторинга, то на первом этапе развития МАКСМ можно ограничиться восемью малыми спутниками массой не более 400-450 кг каждый. Это позволит обеспечить периодичность обновления информации на уровне 0,5 суток и менее.

Исходя из вышесказанного, специализированная орбитальная группировка предлагается в составе 8-ми МКА, расположенных в двух взаимно перпендикулярных плоскостях, по 4 МКА в каждой (тип орбит: солнечно-синхронная; высота – 575…600 км, наклонение орбиты – 97,5°) (см. рисунок 5). Из них:

– 4 оптико-электронных МКА (условные номера -1; -3; -5; -7), оснащаемые аппаратурой оптико-электронного наблюдения видимого и ИК диапазонов, высокого и среднего пространственного разрешения на местности;

– 2 радиолокационных МКА (условные номера -2; -4), оснащаемые радиолокаторами бокового обзора (РЛБО) X- и L-диапазонов, обеспечивающими пространственное разрешение 1 м и 20 м, полосу захвата 120 и 250 км;

– 2 МКА геофизического наблюдения (условные номера -6; -8), оснащаемые 3-х частотным (1,06; 0,53; 0,26 мкм) лидаром и различными комплектами специальной целевой аппаратуры.

Рис. 5 – Состав специализированной орбитальной группировки малых космических аппаратов наблюдения и привлекаемые ресурсы космических систем мониторинга

Анализ проектов аппаратуры, разрабатываемых передовыми российскими приборостроительными организациями космической отрасли (ОАО «РКС», НПП «Оптэкс», НПО «Лептон», ОКБ МЭИ, НИИ ТП, НИИ ПП,

ИОА СО РАН, КМЗ, Центр им. М.В. Келдыша и др.) показал, что в составе аппаратуры, лимитирующей массу указанных МКА наряду с космической платформой (КП), прежде всего, необходимо отметить трехчастотный лидар, двухчастотный радиолокатор бокового обзора с синтезированной апертурой и бортовую информационную систему (БИС).

Ниже в таблице 2 представлен массо-энергетический состав малых КА массой 350-450 кг, имеющих на борту весь комплект целевой аппаратуры для решения задач прогнозного мониторинга.

Таблица 2

Массо-энергетический состав МКА специализированной орбитальной группировки МАКСМ-РФ

Бортовое оборудование КА. Разработчик бортового оборудования	Масса, кг	Пиковое энергопотребление, Вт
МКА-1		
1. МСУ-ВШ – ОАО «РКС»	30	100
2. МСУ-ЭВ – ОАО «РКС»	60	150
3. БИС – НИИ ТП	40	150
4. Космическая платформа (КП) – ВНИИ ЭМ	200	100
Всего	**330**	**500**
МКА-3		
1. МСУ-СВР – ОАО «РКС»	60	200
2. МСУ-ИКБ – ОАО «РКС»	40	100
3. МСУ-ИКСД – ОАО «РКС»	60	150
4. БИС – НИИ ТП	40	150
5. КП – Корпорация ВНИИЭМ	200	100
Всего	**400**	**700**
МКА-5		
1. ОПСАТ СМ – НПП «Оптэкс»	136	315
2. БИС – НИИ ТП	40	150
3. КП – Корпорация ВНИИЭМ	200	100
Всего	**376**	**565**
МКА-7		
1. МСУ-ВШ – ОАО «РКС»	30	100

Бортовое оборудование КА. Разработчик бортового оборудования	Масса, кг	Пиковое энергопотребление, Вт
2. ОПСАТ-3 – НПП «Оптэкс	50	75
3. Фурье-спектрометр – Центр им. М.В. Келдыша	50	75
4. БИС – НИИ ТП	50	200
5. КП – Корпорация ВНИИЭМ	200	100
Всего	**380**	**550**
МКА-2 и **МКА-4**		
1. РЛБО – ОКБ МЭИ	105	1000
2. МСУ-ВШ – ОАО «РКС»	30	100
3. БИС – НИИ ТП	40	150
4. КП – Корпорация ВНИИЭМ	200	100
Всего	**380**	**1350**
МКА-6 и **МКА-8**		
1. Лидар трехчастотный – НИИ ПП, ИОА СО РАН	180	2000
2. МСУ-ВШ – ОАО «РКС»	30	100
3. БИС – НИИ ТП	40	150
4. КП – Корпорация ВНИИЭМ	200	100
Всего	**450**	**2350**

Представленный состав орбитальной группировки МКА целесообразно в дальнейшем дополнить группой из 4-8 микроспутников (массой до 150 кг), оснащенных геофизической, навигационной и оптической аппаратурой, а также 6-тью КА-ретрансляторами на ГСО или ССО для передачи данных, получаемых от наземных, авиационных и космических средств мониторинга природных и техногенных объектов, по космическим каналам связи.

Таким образом, ОГ в составе 8-ми МКА массой 350-400 кг, 4-8 геофизических микроспутников массой до 150 кг и 6-ти микроспутников-ретрансляторов будет способна автономно осуществлять мониторинг состояния природных и техногенных объектов с периодичностью менее 0,5 суток.

Подобная специализированная группировка КА наблюдения совместно с наземными мониторинговыми средствами позволит развернуть подсистему обеспечения региональных потребителей прогнозной мониторинговой информацией (см. рис. 6) и, в конечном итоге, существенно снизить вероятный ущерб от вероятных ЧС природного и техногенного характера.

Рис. 6 – Организация наземной подсистемы обеспечения потребителей прогнозной мониторинговой информацией (по Северо-западному федеральному округу РФ)

Библиографический список

1. Стратегия национальной безопасности Российской Федерации до 2020 года (утверждена Указом Президента Российской Федерации от 12.05.2009 г. № 537).

2. Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года (утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 17.11.2008 г. № 1662-р).

3. Федеральная целевая программа «Снижение рисков и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в Российской Федерации до 2015 года» (утверждена постановлением Правительства Российской Федерации от 07.07.2011 г. № 555).

4. Оценка природной, техногенной и экологической безопасности России / Р.Х. Цаликов, В.А. Акимов, К.А, Козлов, МЧС России. – М.: ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2009.

УДК 658.5.011

МЕТОДОЛОГИЯ ВНЕДРЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ НА ПРОИЗВОДСТВЕ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Нестеров А.В.
ОАО «Московский научно-исследовательский институт радиосвязи», Москва, Россия

Введение

В докладе кратко рассмотрена методология комплексного внедрения и использования новых современных подходов в организации промышленного производства, с целью создания единой системы, направленной на снижение себестоимости и повышению качества продукции.

Главный вопрос, который возникает при внедрении новшеств – с чего начинать изменения? На мой взгляд, начинать надо с анализа системы управления предприятием, невзирая на его возраст. Проанализировать, насколько реализованы основные элементы предложенного ниже алгоритма, т.е. взглянуть на компанию со стороны.

Первый этап. Построение системы управления предприятием.

Алгоритм построения управления предприятием:

1. Целеполагание. Сформулировать: Видение – Миссия – Цели – Стратегии.

Цели, в отличие от целевых установок, должны отличаться ясностью, измеримостью, достижимостью, соотнесением с миссией, а также должны иметь временные рамки их достижения. Это отличительные черты целей SMART, чему необходимо придерживаться.

Формированию целей должно предшествовать анализ этапа развития предприятия. Очень важный момент, который, практически, редко кто учитывает. Нахождение компании на каждом из этапов подразумевает своё построение целеполагания. Основными моделями развития предприятий являются модели Айзедиса и Грейнера.

После формулирования целей компании и подразделений, ставятся задачи в форме планирования, как деятельности всего предприятия, так и отдельных подразделений («дерево целей»). При этом, особое внимание заслуживают планы стратегического развития и план маркетинга, которые определяют жизнь компании на долгие годы.

2. Бизнес-процессы. Определить основные бизнес-процессы по выполнению задач, проектов стоящих перед предприятием для достижения поставленных целей. Разработать планы по выполнению поставленных за-

дач, проектов описать бизнес-процессы, сформировать процессо-ориентированное предприятие. Все бизнес процессы на предприятии должны быть стандартизированы, иметь нормативную базу и постоянно совершенствоваться по принципу Деминга-Шухарта.

3. Регламентирование. Правильно оптимизировать (выстроить) «каркас» управления: Оргструктура – Штатное расписание – Локальные нормативные акты (Положение о внутреннем трудовом распорядке, Положение о защите коммерческой тайны, Положение об охране труда, Коллективный договор и др.).

4. Система управления персоналом (часть системы управления предприятием): Разработка Кадровые стратегии - Кадровая политика - Локальные нормативные акты предприятия, обеспечивающих выполнение поставленных задач, в том числе система оплаты труда. Правильно выстроенные нормативные документы и их выполнение определяют корпоративную культуру.

5. В соответствии с вышесказанным формируется структура предприятия с разработкой положений о структурных подразделениях (Цели - Стратегии – Задачи – Оргструктура - Менеджмент - Корпоративная субкультура). Работа сотрудников регламентируется Должностными инструкциями.

6. Планирование работ структурных подразделений (тактическое и стратегическое). Как следствие, отсюда вытекает планирование работ сотрудников. По результатам выполнения планов формируется система мотивации.

Второй этап. Внедрение современных систем управление производством и качеством.

На сегодняшний день самой совершенной теорией организации труда считается система бережливого производства на основе Toyota Production System (TPS) и философии кайдзен [2,5]., хотя многие элементы TPS очень нам знакомы с советских времён под названием «научной организации труда», «привлечение рабочих масс к управлению предприятием», «организация рационализаторской работы» и др. Однако, мною предлагается комплексный подход, т.е. внедрение наравне с бережливым производством и других элементов управления.

За основу предлагаемой методологии внедрения бережливого производства и современных систем управления производством и качеством взят алгоритм внедрения по Джеймсу Вумеку или VSM-подход (управление потоками создания ценностей), как наиболее применяемый. При этом для каждого предприятия нужен индивидуальный подход.

Алгоритм предполагает проведение следующих работ:

1. Формирование единого понятийного поля с целью конструктивного общения: все должны понимать что делают, говорить на одном языке и под одними и теми же словами понимать одно и тоже. Внедрение философии кайдзен. Необходимо добиться поддержки изменениям всего руководящего состава предприятия. Организация обучения персонала по

следующим направлениям:

- научно-техническое;
- технологическое;
- организационное – философия бережливого производства, кайдзен, проектного управления;
- системы менеджмента качества;
- охраны труда, пожарной и электробезопасности;
- промышленной безопасности;
- бухгалтерия и управленческий учет.

2. Разработка новой сбалансированной системы показателей на предприятии для возможности оценки эффективности работы подразделений и проводимых изменений (вариант «дерева целей»).

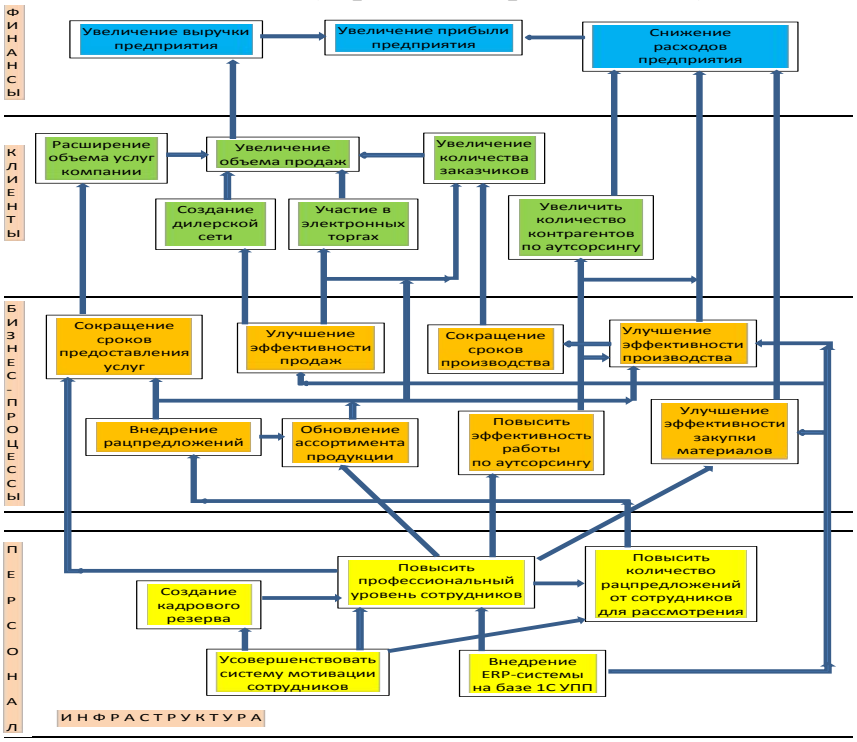


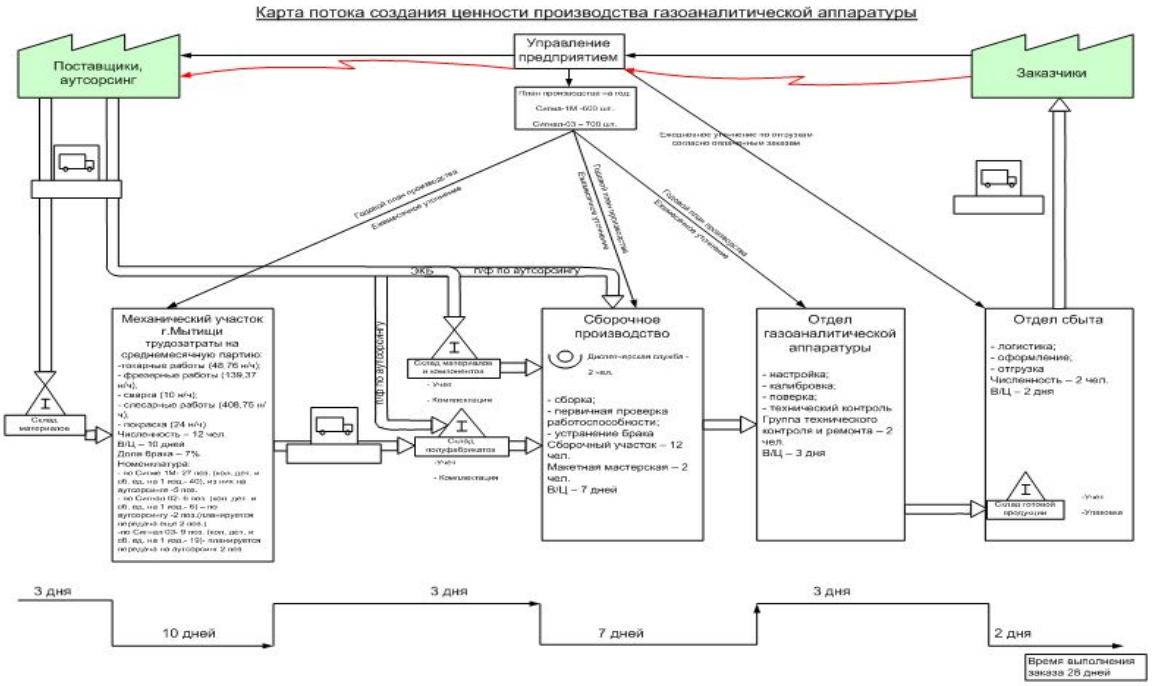
Рис. 1. Сбалансированная система показателей (вариант)

Каждая цель/задача должна иметь количественный показатель для возможности анализа деятельности подразделений (ключевой показатель эффективности подразделения и его руководителя) и контроля изменений.

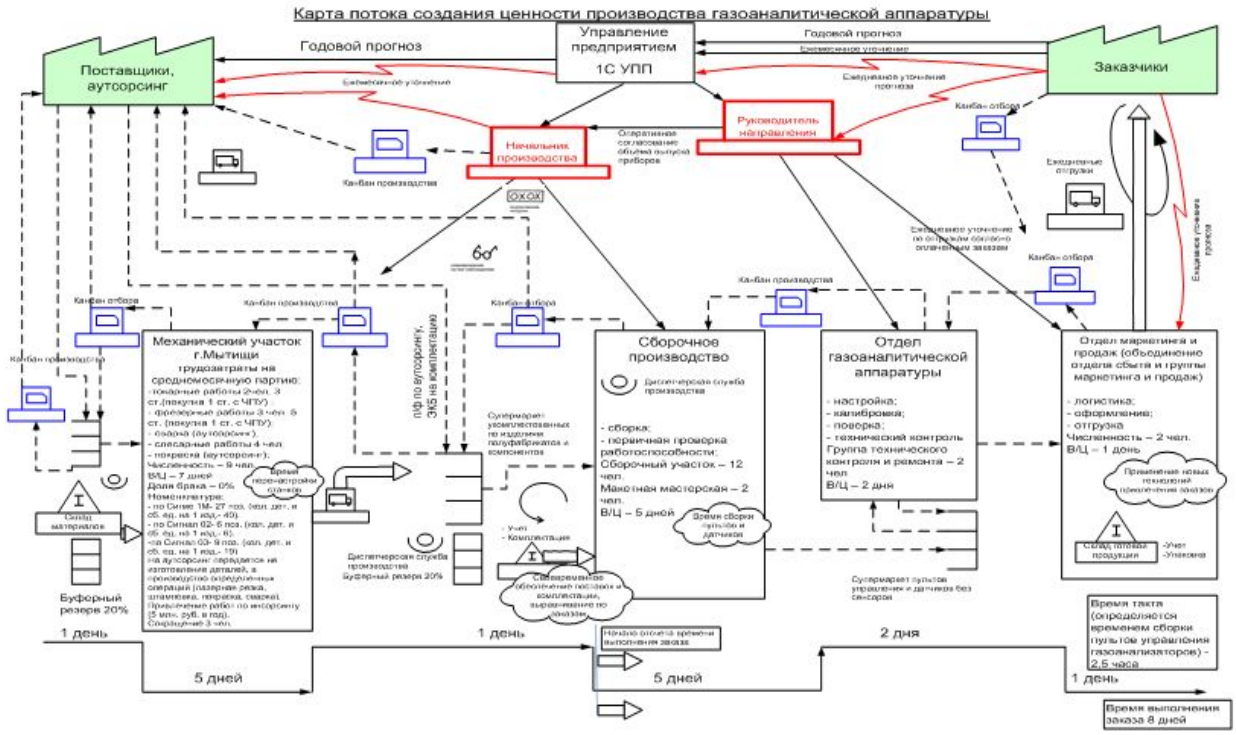
3. Выбор процесса для внедрения пилотного проекта бережливого производства. В качестве пилотного проекта, выбран процесс производства газоаналитической аппаратуры.

4. Составление карты текущего состояния выбранного потока создания ценности, её анализ по выявлению потерь. Система учета затрат на предприятии. Для составления карты текущего и будущего состояний выбранного потока создания ценности была использована программа **eVSM** (сайт

производителя: http://www.evsm.com/). Карта представлена на рисунке.



5. Составление карты будущего состояния потока создания ценности. Системы канбан (вытягивающее производство), точно в срок, «Пока — ёкэ» («защита от ошибок», «защита от дурака»), теория ограничений. Построение системы входного контроля на предприятии. Внесение изменений в структуру предприятия.



Именно через анализ состояния потока создания ценности можно эффективно определять пути изменения организации производства вне зависимости от его объёма (выполнение заказов, проектов, мелкое или крупносерийное производство).

6. Внедрение 5S — системы рационализации рабочего места. Методика 5S

№	Японский термин	Русский термин	Английский термин	Перевод английского термина	Содержание деятельности
1	Сейри	Сортировать (организация)	Sort	Разбирать, классифицировать	Удаление ненужного
2	Сейтон	Систематизировать (порядок)	Set in Order (Straighten)	Приводить в порядок	Упорядочение размещения предметов
3	Сейсо	Санировать (чистоплотность)	Shine (Sweep)	Чистить (подметать)	Очистка рабочего места, устранение источников загрязнения
4	Сейкетсу	Стандартизовать (опрятность)	Standardize	Стандартизировать, Нормировать	Стандартизация правил уборки, упорядочения, очистки
5	Ситсуке	Самодисциплина	Sustain (Selfdiscipline)	Поддерживать (самодисциплина)	Формирование привычки соблюдать чистоту и порядок

7. Внедрение TPM - всеобщий уход за оборудованием.

- Налаживание корректного, в режиме «прямой линии», информационного потока по всем выходам из строя (остановам) оборудования.

- Планирование технического обслуживания (ТО) и оптимальный (минимизированный) документооборот (формуляры, карточки технического обслуживания).

- Разработка регламентов автономного технического обслуживания оборудования рабочими (производственным персоналом) и сервисными службами (как в советское время). Это ТО-1 – ежедневное обслуживание; ТО-2 – еженедельное; ТО-3 – ежемесячное; ТО-4 – ежеквартальное; ТО-5 – полугодовое; ТО-6 – годовое.

- Выполнение регламентов автономного обслуживания оборудования рабочими (производственным персоналом), сервисными службами.

- Формирование системы всеобщего обслуживания оборудования (TPM).

8. Внедрение SMED - быстрая переналадка. Алгоритм следующий:

- Создание рабочей группы во главе с главным технологом.

- Описание процесса переналадки. Группа выходит на производственную площадку (Гемба) и первоначально описывает текущее состояние, разбивая процесс на составляющие его элементы и переходы. Далее проводится хронометраж и параллельно – выявление проблем, влияющих на время выполнения элементов и безопасность.

9. Организация визуализации процессов, формирование необходимой информационной системы.

Принципы визуализации:

- делайте проблемы явными (внедрение системы автоматизации управления производственным предприятием - информационные системы ERP, MRP, CRM, PDM, стенды и др.);
- пребывайте в контакте с реальностью (он-лайн);
- используйте для анализа систему 5М (оборуд., сотруд., материал, метод работы, измерения);
- внедряйте 5S;
- размещайте стандарты на рабочих местах;
- устанавливайте цели.

10. Стандартизация процессов.

Применение системы таргет-костинг актуально при построении проектно-ориентированного предприятия, работа которого направлена на выполнение отдельных проектов. Необходимо гармонически соединить управление по целям и проектное управление, соблюдая его основные принципы. При этом необходимо разделять и учитывать понятия базовой методологии управления проектами и методологии, сложившейся в конкретной компании. Существуют различные типовые методологии управления проектами, которые применяются на предприятиях (PMI, IPMA, ISO 1006, Agile, P2M, PRINCE2, MSF, RUP).

Внедрение системы таргет-костинг при проведении НИОКР должно основываться на разработанных стандартах предприятия. Основной принцип таргет-костинг:

$$Цена - Прибыль = Себестоимость$$

При этом рассчитывается срок возврата средств потраченных на разработки, путём добавления этих затрат к себестоимости продукции.

11. Построение системы менеджмента качества. TQM (Total Quality Management). Система менеджмента качества (СМК) строится на

основе требований ISO-9001 - это стандарт процессов для построения системы. А бережливое производство и кайдзен – это философия и инструменты, т.е. то, за счет чего достигается соответствие стандартам. Управление качеством проектной деятельности регламентирует стандарт ISO 100063. Следует отметить, что данный стандарт основан на PMI PMBoK, но расширяет его, делая акцент на постоянном улучшении процессов управления проектом.

12. Создание системы сбора и внедрения предложений. Цель - побуждать у сотрудников интерес к кайдзен, поощряя их на подачу большого числа предложений, вне зависимости от их значимости. Главная цель – воспитание мыслящих в духе кайдзен людей. В советское время это было привлечение рабочих и сотрудников к управлению и подаче рацпредложений, через организацию соцсоревнований между людьми и коллективами. Введение «Журнала учета предложений». На любое предложение должна быть реакция. Все положительные предложения должны быть внедрены.

Третий этап. Контроль и оценка проводимых изменений.

Оценка внедрения изменений и бережливого производства осуществляется в соответствии с показателями ССП. Важным является разработка и использование собственных показателей, характеризующих бизнес-процессы конкретного предприятия. При этом контроль и анализ качества может осуществляться внедрением концепции «шесть сигм», а также семи основных инструментов контроля качества: диаграммы причин и результатов (диаграмма Исикавы); контрольный листок; диаграмма Парето; гистограмма; диаграмма разброса; графики; контрольная карта.

Основным фактором, который говорит об эффективности изложенных предложений – это отсутствие потребности в выделении значительных целевых денежных средств для внедрения и поддержания новшеств, а также возможность их поэлементного внедрения с учётом особенностей каждого предприятия.

В докладе кратко изложена методология внедрения современных систем управления предприятием и качеством, показано, как с помощью комплексного подхода к переходу на современные системы управления можно достигнуть усовершенствования текущих производственных процессов, обеспечивающих выполнение поставленных задач и значительный рост прибыли, что подтверждается на практикой.

Библиографический список

1. Вумек Д. Бережливое производство: Как избавиться от потерь и добиться процветания вашей компании: пер. с англ. / Джеймс П. Вумек,

Дэниел Т. Джонс. — М. Альпина Бизнес Букс, 2004.

2. Масааки Имаи. Гемба кайдзен: Путь к снижению затрат и повышению качества. Масааки Имаи. — М: Альпина Паблишерз, 2010.

3. Гринин А.Ю. Управление заводом в стиле кайдзен: Как снизить затраты и повысить прибыль. — М.: Альпина Паблишер, 2012. — 189 с.

4. Одед Коуэн. Вместе: Теория ограничений и бережливое производство. Сборник «Теория Ограничений. Создание решающего конкурентного преимущества». Киев, Издательство Алексея Капусты 2009.

5. Джеффри Лайкер. Дао Toyota: 14 принципов менеджмента ведущей компании мира; Пер. с англ. — М.: Альпина Бизнес Букс, 2005. — 402 с. — (Серия «Модели менеджмента ведущих корпораций»).

УДК 334
614.8

ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЗАЩИЩЕННОСТИ ОБЪЕКТОВ ТЕХНОИНФРАСТРУКТУРЫ

Арабский А.К., Арутюнян С.Г., Гракович В.Ф., Дедученко Ф.М., Докучаев В.А., Дурнев Р.А., Клецин В.И., Махутов Н.А., Меншиков В.А., Мороз А.П., Приходько В.М., Сигов А.С., Якимович Б.А.,

Существует всего два типа аварийных исходов на технических объектах – локальные аварии и системные аварии (техногенные катастрофы). В связи с тем, что в мире с начала 80-ых годов нарастающим темпом развивается эпидемия техногенных катастроф, решение проблем обеспечения комплексной безопасности техноинфраструктуры становится критически актуальным и относится к категории ключевых в сохранении и развитии ресурсного, экономического и оборонного потенциалов РФ. Однако, за прошедшие 25 лет мало что изменилось в прикладном плане по данному направлению. Так провозглашенное Генеральной ассамблеей ООН международное десятилетие по уменьшению техногенной опасности в 1990 - 2000 г.г. к результатам, по сути, не привело.

На данный момент установлено, что сценарии развития обычных аварий и техногенных катастроф определяются принципиально разными физическими механизмами и критериями – первый утратой технической системой обычной устойчивости (по Ляпунову), а второй - утратой ею структурной устойчивости (новое направление теории устойчивости). Тем не менее, все используемые до сих пор средства обеспечения без-

опасности ориентированы на противодействие развитию исключительно локальных аварий. Катастрофы же с их частой «внезапностью» и «ненаблюдаемой» симптоматикой по факту оказались совершенно неподконтрольными. При этом предрасположенность к катастрофам в равной степени относится как к объектам с большой, так и с малой наработками оборудования.

Основными причинами такого положения дел являются:

- серьёзный перекос в техническом прогрессе: с одной стороны, создаются все более сложные новые энергоёмкие технологии с неотвратимо растущими рисками катастроф, а с другой, снижается их подконтрольность из-за прогрессирующего усложнения проблемы обеспечения безопасности;

- неработоспособность действующей нормативной базы с ее практически равнозначным отношением к локальным и системным аварийным исходам;

- игнорирование того основополагающего факта, что безопасность сложной технической системы является ее характеристикой в целом, а не составляющих ее компонент (свойство эмержентности).

В мире предпринимались многие весьма затратные попытки решения проблем безопасности технически сложных гражданских и военных объектов на основе использования высоконадежных комплектующих и обеспечивающих их (локальную) безопасность программно-аппаратных средств. По понятным причинам значимых результатов при этом получено не было.

Произошедшая у нас либерализация рынка в отношении техногенной безопасности привела к утрате сбалансированности между прибылью и надежностью. А с учетом того, что сейчас в России вынуждено внедряется новое оборудование по большей части экспериментального уровня, сопряжённое с высокими рисками его эксплуатации, ситуация тем более требует срочного принятия мер по снижению этих рисков в первую очередь для критически важных объектов (КВО) техноинфраструктуры РФ.

В последние 20 лет по проблемам обеспечения техногенной безопасности промышленных комплексов ввиду их особой важности у нас в стране усилиями Роскосмоса, МЧС России, ОАО «Газпром», Российской академии наук были проведены масштабные целевые исследования. В результате впервые в мировой практике удалось обосновать постановку и порядок решения задачи создания новых систем комплексной безопасности и защищенности (СКБЗ) в первую очередь КВО техноинфраструктуры, а также сформировать экспериментально и научно обоснованный инновационный задел. Его важнейшие компоненты:

- выяснение типового сценария и симптоматики развития техногенных катастроф;
- разработка базовой концепции обеспечения не только безопасности, но и защищенности. При этом катастрофы парируются, как правило, без отключений КВО, которые по последствиям могут оказаться чрезвычайно затратными или даже равнозначными самим катастрофам (как, например, при ракетных стартах);
- создание по заданию ООО «Газпром добыча Ямбург» системы контроля, диагностирования и аварийной защиты (СКДА), функционально являющейся прямым прототипом СКБЗ;
- экспериментальная отработка базовой технологии обеспечения комплексной безопасности КВО. В частности, на ее основе были реализованы и внедрены в практику штатной эксплуатации новый подход к моделированию рабочих процессов газовых промыслов, а также интеллектуальная система предупреждения гидратообразования в газосборных шлейфах Харвутинской залежи Ямбургского нефтегазоконденсатного месторождения;
- выход на принципиально новый тип технологий проектирования, доводки и эксплуатации КВО.

По итогам представления на НТС многих организаций (в том числе во ВНИИ ГОЧС МЧС России и Российской академии наук) выходных результатов проведенных исследований по основным четырем отраслям РФ сформированный задел был признан базовым для создания на его основе СКБЗ, адекватных статусу подконтрольных им КВО техноинфраструктуры РФ, включающих две паритетные системно увязанные наземную и космическую компоненты. Такие системы были одновременно ориентированы на использование в составе Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС). Важно при этом, что в данном случае вопрос об импортозамещении актуальным не является. Реализация Программы целиком базируется на приоритетных отечественных разработках с продвижением на отечественный и международный рынки принципиально новой пока не имеющей аналогов продукции. Следствием этого является относительно быстрая окупаемость Программы.

В организационном плане в соответствии со Стратегией национальной безопасности Российской Федерации и федеральным законодательством в сфере безопасности, по причине отсутствия координации весьма затратных и ответственных поисковых работ по обсуждаемому направлению совместным решением МЧС России, Российской академии наук и Роскосмос была образована проблемно-ориентированная Оперативная рабочая группа при Президенте РАН «Комплексная безопасность и защищенность техноинфраструктуры РФ».

В научном, и в экспериментальном планах была отработана сквозная базовая технологическая цепочка обнаружения-парирования развития катастроф на территориально распределенных промышленных комплексах. Ее основные звенья включают:

- определение количества и номенклатуры необходимых уровней безопасности для каждого конкретного КВО (с охватом локальных, но особенно, системных уровней безопасности);

- определение для каждого уровня безопасности КВО своего набора составляющих его элементов (объектов);

- выбор по каждому уровню безопасности набора доказательно информативных параметров КВО и конфигураций соответствующих систем измерения (в настоящее время он производится проектирующими организациями из соображений минимизации трудозатрат и расходов без учета требований по комплексной безопасности УВО);

- определение групп явных и скрытых (не измеряемых или неизвестных) режимных и управляющих параметров в каждом уровне безопасности КВО;

- формирование по каждому уровню безопасности КВО симптоматики и правил принятия решений о раннем обнаружении-парировании развития катастроф в формах зависимости от текущих значений режимных параметров;

- реализация важнейшего качества объектной ориентированности всех процедур и реализующих их систем по каждому уровню безопасности КВО при условии сохранения серийной пригодности производства выходной продукции - СКБЗ;

- высоконадежное обеспечение безопасности периметров и границ КВО во всех трех средах – жидких, твердых и газообразных;

- проведение в каждом из уровней безопасности начальной и актуализируемой по регламенту динамической адаптации СКБЗ к охватываем ею объектам данного уровня;

- проведение в каждом из уровней безопасности начальной и актуализируемой по регламенту динамической паспортизации состояния КВО по критериям его комплексной безопасности;

- охват штатно неподконтрольных объектов КВО (их доля часто весьма значима) переносными средствами СКБЗ из состава сопровождающего систему комплексной безопасности-защищенности и системно увязанного с системой приборного ряда.

Понятно, что выше приведена крупномасштабная технологическая цепочка обеспечения комплексной безопасности-защищенности КВО, каждое из звеньев которой в свою очередь подлежит детализации.

СЕКЦИЯ № 1: ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАДИОТЕХНИКИ

УДК 621.396.96+621.391.821

ОБ ОЦЕНКЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПЛАТ ARDUINO

Бартенев В.Г., Бартенев М.В., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Введение

Раньше, чтобы собрать программируемое устройство на микроконтроллере, необходимо было знать основы схемотехники, архитектуру и работу конкретного микроконтроллера, уметь его программировать на ассемблере. Кроме того требовался также программатор, отладчик и другие вспомогательные устройства. В итоге без огромного объема знаний и дорогостоящего оборудования было не обойтись. Сейчас, с появлением плат ARDUINO [1], дающих возможность работать с микроконтроллерами без наличия серьезной материальной базы, все изменилось. Платы ARDUINO, а их выпускают уже в большом количестве и на разных микроконтроллерах, представляют собой наборы, состоящие из готового электронного блока и программного обеспечения. Электронный блок - это печатная плата с установленным микроконтроллером и минимумом элементов, необходимых для его работы. Фактически электронный блок ARDUINO является аналогом материнской платы современного компьютера. На нем имеются разъемы для подключения внешних устройств, а также разъем для связи с компьютером, по которому и осуществляется программирование микроконтроллера. Особенности используемых микроконтроллеров фирмы Atmel позволяют производить программирование без применения специальных программаторов. Все, что нужно для создания нового программируемого устройства - это плата ARDUINO, USB кабель связи и компьютер с программным обеспечением, представляющим систему проектирования нового программируемого устройства. Система проектирования объединила в себе простейшую среду разработки и язык программирования, представляющий собой вариант языка C/C++ для микроконтроллеров. Так что для работы с ARDUINO практически достаточно знания только основ программирования на C/C++. Имеется для ARDUINO и множество готовых библиотек, содержащих код, работающий с различными внешними устройствами.

Программа расчета π

Обладая несомненными преимуществами особенно в учебных целях платы ARDUINO позволяют, как и при работе на современном компьютере не задумываться о функционировании его отдельных частей, а просто запускать нужные программы и работать с ними. Нет надобности и в создании законченных плат и модулей. Можно воспользоваться готовыми платами расширения или просто напрямую подключить к разъемам платы ARDUINO необходимые элементы. Все основные усилия направляются на разработку и отладку программы для микроконтроллера на языке высокого уровня. Наличие готовых модулей и библиотек программ позволяет в процессе обучения создавать новые работающие программируемые устройства для решения учебных задач. А варианты использования ARDUINO ограничены только возможностями микроконтроллера и имеющегося варианта платы, ну и, конечно, фантазией пользователя. И вот тут возникает главный вопрос о возможностях микроконтроллеров используемых на платах ARDUINO с точки зрения их производительности. Поскольку сравнительная оценка производительности плат ARDUINO никем не была произведена, мы постараемся восполнить этот пробел.

Применяемые в настоящее время способы оценки производительности цифровых процессоров обработки сигналов (ЦПОС), главным образом, основаны на алгоритме БПФ с разным числом точек преобразования. Такие тесты - не могут быть использованы для оценки производительности микроконтроллеров из-за их низкой производительности и ограниченной разрядной сетки по сравнению с ЦПОС. По этой причине для оценки производительности плат ARDUINO предлагается способ вероятностного свойства. В основе его лежит программа расчета числа π методом статистического моделирования (метод Монте-Карло). Производительность же разных плат оценивается временем расчета числа π при определенном одном и том же числе испытаний. Данная методика была успешно применена для оценки производительности плат STAMP [2]. Задачи статистического моделирования требуют для получения точного результата достаточно большого числа статистических испытаний. Поэтому число испытаний было выбрано 10000. Числовые случайные величины в процессе исполнения тестовой программы меняются в широком диапазоне значений, а выходные оценки производительности, в виде времени расчета числа π при выполнении заданного числа испытаний наиболее интегрально и полно характеризуют производительность микроконтроллеров, установленных на разных платах ARDUINO. Более того, по точности расчета числа при большом числе испытаний можно судить и о качестве применяемого программного обеспечения для компиляции и ассемблировании текста данной тестовой программы и об используемых библиотеках функций. Несколько слов об алгоритме расчета числа π. В

его основе лежит формирование двух независимых случайных чисел x и y, распределенных равновероятно в диапазоне от -1 до 1. Существуют разные алгоритмы генерации случайных чисел. В нашем случае мы воспользуемся датчиком случайных чисел, который входит в систему проектирования плат ARDUINO. Полученная с помощью этого датчика каждая пара чисел в каждом испытании проверяется на попадание в круг единичного радиуса с центром в начале координат, т.е. $x^2+y^2\leq 1$. Таким образом, фактически рассчитывается площадь круга, которая, как известно, выражается через искомое число π. Программа расчета числа π легко переносима на любые платы ARDUINO с разными микроконтроллерами, так как в ней использованы только стандартные библиотечные функции. Ниже приводится программа оценки производительности одинаковая для всех плат и после компиляции загружаемая в тестируемые платы. Результат работы программы выводится на двухстрочный жидкокристаллический дисплей. Для измерения времени расчета π в миллисекундах используется функция millis().

```
#include <LiquidCrystal.h>    LiquidCrystal lcd(8, 9, 4, 5, 6, 7);
 void setup() {  lcd.begin(16, 2);   lcd.setCursor(0,0);   lcd.print("N="); //N-число испытаний
double r = 0.27; // начальное значение датчика случайных чисел
lcd.setCursor(0,1);  lcd.print("PI=");}
void loop() { int i,N=10000;
 lcd.setCursor(8,0);  lcd.print(N);
 double x,y,S r;   unsigned long time1,time2,time;
do{  S=0;   time1=millis();
            for(i=0;i<N  ;i++)
            {  r=random(0,100);        x=2*r/100-1;
                  r=random(0,100);    y=2*r/100-1;
                  if((x * x + y * y) <= 1)
                  {  S++;  } }  time2=millis();  S=4*S/N; //расчет числа пи
 lcd.setCursor(3,1);   lcd.print (S); .. вывод на дисплей числа пи
   lcd.setCursor(8,1);   time=time2-time1;.. время счета – оценка производительности
  lcd.print (time); // вывод производительности на дисплей
} while (i=N); }
```

Результаты тестирования плат ARDUINO

Рассмотрим оценку производительности следующих четырех плат ARDUINO с разными микроконтроллерами, используя одну и ту же программу расчета π:

1. Плата ARDUINO UNO (рис.1) с 8 разрядным AVR микроконтроллером ATmega328 с RISC архитектурой , который имеет 14 цифровых входов/выходов, (6 из которых могут быть использованы как выходы ШИМ), 6 аналоговых входов, кварц на 16 МГц, USB интерфейс, разъем питания и кнопку сброса.

Рис.1. Плата ARDUINO UNO.

2. Плата ARDUINO LEONARDO (рис.2) с 8 разрядным AVR микроконтроллером ATmega32u4 с RISC архитектурой, который имеет 20 цифровых входов/выходов, (7 из которых могут быть использованы как выходы ШИМ), 12 аналоговых входов, кварц на 16 МГц, USB интерфейс, разъем питания и кнопку сброса.

Рис. 2. Плата ARDUINO LEONARDO.

3. Плата ARDUINO MEGA (рис.3) с 8 разрядным AVR микроконтроллером ATmega2560 с RISC архитектурой, который имеет 54 циф-

ровых входов/выходов, (15 из которых могут быть использованы как выходы ШИМ), 16 аналоговых входов, кварц на 16 МГц, USB интерфейс, разъем питания и кнопку сброса.

Рис. 3. Плата ARDUINO MEGA.

4. Плата ARDUINO DUE (рис.4) с ARM микроконтроллером SAM3X8E Cortex-M3, который имеет 54 цифровых входов/выходов, (12 из которых могут быть использованы как выходы ШИМ), 12 аналоговых входов, кварц на 84 МГц, USB интерфейс, разъем питания и кнопку сброса. Это первая плата ARDUINO на базе 32-битного микроконтроллера с ARM ядром.

Рис. 4. Плата ARDUINO DUE.

Результаты оценки производительности 4-х плат показаны на рис 5 и 6. Как не трудно видеть, наибольшей производительностью, как и следовало ожидать, обладает плата ARDUINO DUE. Затем следуют платы ARDUINO LEONARDO и ARDUINO UNO. Они близки по производительности друг другу. ARDUINO MEGA имеет самую низкую производительность, на порядок меньшую чем у платы ARDUINO DUE.

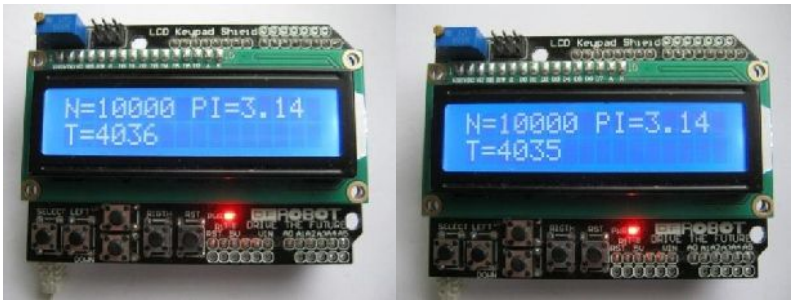


Рис. 5. Производительность плат ARDUINO UNO (4036 мс.)
и LEONARDO (4035 мс)

Рис. 6. Производительность плат ARDUINO MEGA (4109 мс.)
и DUO (414 мс.).

Библиографический список

1. Петин В. А. Проекты с использованием контроллера ARDUINO. – СПб.: БХВ-Петербург, 2014.
2. Бартенев В.Г., Бартенев М.В. Программируем ЦПОС Blackfin. Современная электроника, №6, 2008.

УДК 621.396.96+621.391.821

ПРОСТОЙ СПОСОБ ДОБАВИТЬ FM ДИАПАЗОН В ЛЮБОЙ РАДИОПРИЕМНИК

Бартенев В.Г., Марьин С.В., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Введение

В связи с прекращение радиовещания у нас в стране, на средних и длинных волнах у населения осталось большое количество радиоприемных устройств, которые утратили свое предназначение. Чтобы им придать новую жизнь и применимость, предлагается их модернизировать путем встраивания в них дополнительного тюнера, работающего в ФМ диапазоне. Такие попыт-

ки улучшить эксплуатационные возможности массовых радиоприемников, например ВЭФ, предпринимались и ранее [1]. Однако в них использовались технические решения, которые требовали использования внешних колебательных контуров, кварцевых фильтров и были не легки для повторения и сложны в настройке. Кроме того требование сохранения внешнего вида приемника не всегда выполнялось. В предлагаемом варианте модернизации радиоприемников все эти ограничения удалось преодолеть.

Тюнер на микросхеме TEA 5767 фирмы Philips

В основе модернизации бывших в употреблении радиоприемников предлагается использовать микросхему фирмы Philips TEA5767 [2]. Это однокристальный стерео тюнер с электронной настройкой в FM диапазоне. Эта микросхема установлена на миниатюрную заводскую плату, совершенно не требует регулировки и настройки и готова к применению. Внутреннее устройство микросхемы показано на рис.1, а заводская плата тюнера с этой микросхемой на рис. 2. Схема подключения платы тюнера изображена на рис. 3.

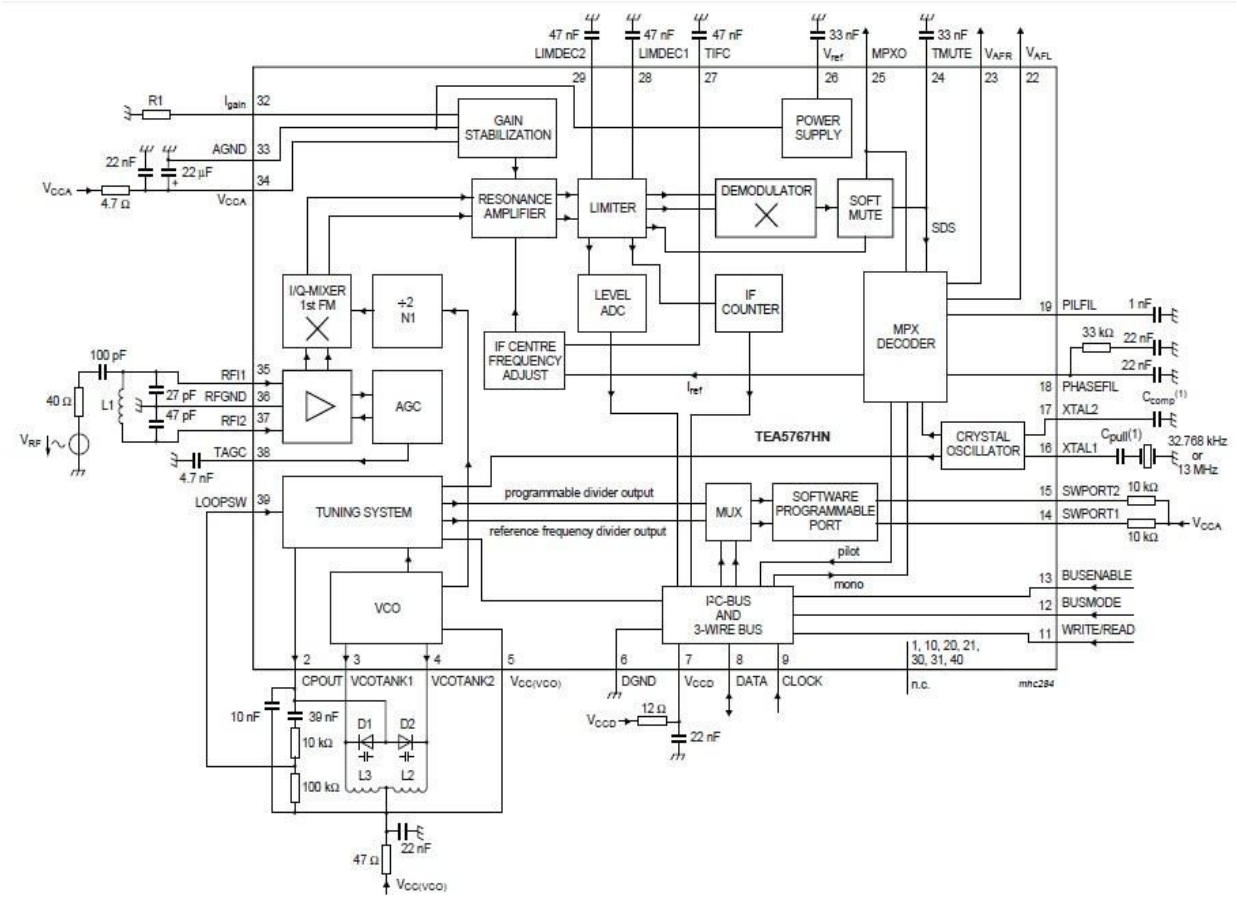


Рис. 1. Структурная схема тюнера на микросхеме TEA5767

Высокая чувствительность (типовая 2 мкВ) у тюнера на микросхеме TA5767 достигается благодаря применению входного балансного ВЧ усилителя с низким уровнем шума, охваченного автоматической регулировкой усиления, включаемой при превышении входного сигнала более 4 мВ в диапазоне его изменения 40дБ. Два выхода ВЧ усилителя подключены к смесителю выделяющему две квадратурных составляющих на промежуточной частоте 225 кГц. В синтезаторе частоты используется широко распространенный часовой кварц на частоту 32768 кГц. Для управления синтезатором применяется стандартный интерфейс I2C.

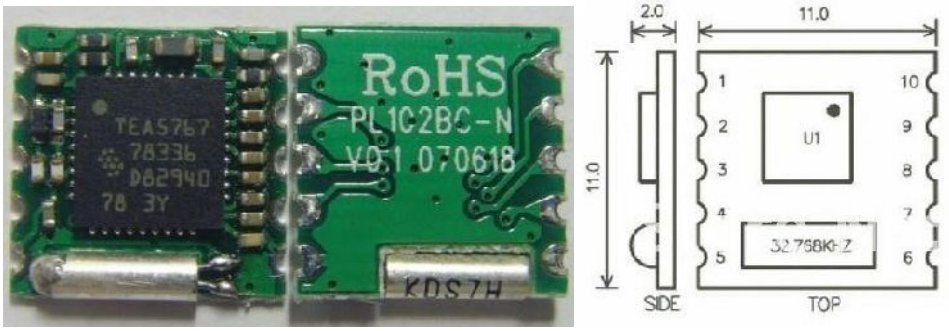


Рис.2. Внешний вид тюнера и его габаритные размеры в мм

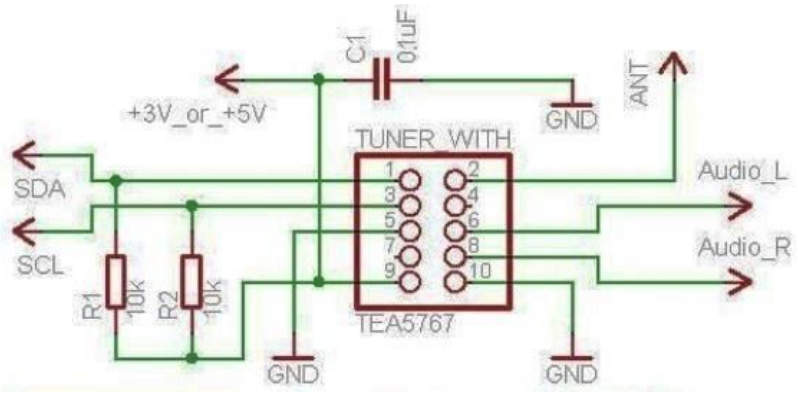


Рис.3. Электрическая схема подключения платы тюнера (обозначения сигналов SDA и SCL соответствуют I2C интерфейсу с микроконтроллером)

Управление тюнером с помощью микроконтроллера фирмы Atmel

Как и во всех SDR (Software Defined Radio) приемниках полностью или частично в работе приемника участвует программная часть, реализуемая на сигнальных процессорах, ПЛИС или микроконтроллерах, в зависимости от их степени участия в тракте обработки. В данном случае эта функция сводится к управлению синтезатором частоты микросхемы TEA5767 и поэтому может быть выполнена на микроконтроллере, при выборе которого будем исходить из его минимальной стоимости. По этой причине был выбран 8 разрядный микроконтроллер фирмы Atmel типа Atmega168. Более того была при-

менена уже готовая заводская плата Pro Mini (см. рис.4) с этим микроконтроллером [3], которая стоит всего пару долларов. Приведем основные характеристики этой бюджетной платы:

Микроконтроллер	ATmega168
Напряжение питания	3.3В или 5В
Число цифровых входов /выходов	14
Число аналоговых входов	8
Память программ (Flash)	16 кбайт
ОЗУ	1 кбайт
Частота кварца	8 MHz (3.3В) или 16 MHz (5В)

Рис.4. Плата Pro Mini.

На плате Pro Mini были задействованы: 1. Аналоговый вход A0 со встроенным в микроконтроллер АЦП, изменяя напряжение на котором можно точно подстраиваться на ФМ станцию; 2. Два цифровых входа A4 (SDA) и A5 (SCL) для реализации интерфейса I2C с микросхемой TEA5767. Микроконтроллеры Atmega имеют аппаратную поддержку интерфейса I2C; 3. Два цифровых интерфейсных входа RX и TX для загрузки программы в ПЗУ микроконтроллера через последовательный интерфейс с компьютером.

```
#include <Wire.h>
//#define CLK   A5 //PROMINI
//#define SDA   A4  //PROMINI
unsigned char frequencyH = 0;
unsigned char frequencyL = 0;
unsigned int frequencyB;
double frequency = 0;
void setup()
{
```

```
  Wire.begin();
  frequency = 92.1; //starting frequency
  setFrequency();
  Serial.begin(9600);
}
void loop()
{
  int reading = analogRead(0);
   frequency = ((double)reading * (108.0 - 87.5)) / 1024.0 + 87.5;
  frequency = ((int)(frequency * 10)) / 10.0;
    setFrequency();
  Serial.println(frequency);
}
void setFrequency()
{
  frequencyB = 4 * (frequency * 1000000 + 225000) / 32768;
  frequencyH = frequencyB >> 8;
  frequencyL = frequencyB & 0XFF;
  delay(100);
  Wire.beginTransmission(0x60);
  Wire.write(frequencyH);
  Wire.write(frequencyL);
  Wire.write(0xB0);
  Wire.write(0x10);
  Wire.write((byte)0x00);
  Wire.endTransmission();
  delay(100);
}
```

В программе используется стандартная библиотека WIRE интерфейса I2C [4].

Заключение

Собранный программируемый тюнер при его испытаниях показал отличные результаты, как по чувствительности, так и качеству звучания принимаемых стерео программ. Тюнер не нуждается в регулировке, не требует механических повреждений модернизируемого приемника, имеет низкую стоимость и может быть воспроизведен без особых трудностей.

Библиографический список

1. Шостацкий А. УКВ диапазон в приемниках «ВЭФ» и «Спидола». Радио,№7, 2014.
2. Low voltage FM stereo radio. Application Note AN10133, Philips Semiconductors, 2003.
3. http://arduino.ru/Hardware/ArduinoBoardProMini.
4. http://robocraft.ru/blog/arduino/786.html.

УДК 621.396.96

НАГРУЗОЧНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕГУЛИРУЕМОГО СТАБИЛИЗАТОРА LM317L-N И ИХ ИЗМЕНЕНИЕ С ТЕМПЕРАТУРОЙ

Битюков В.К., Иванов А.А., Михневич Н.Г., Петров В.А.
МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Введение

Микросхема регулируемого стабилизатора напряжения LM317L-N производства компании Texas Instruments находит широкое применение в источниках вторичного электропитания благодаря целому ряду уникальных характеристик, превосходящих как другие регулируемые, так и нерегулируемые стабилизаторы. Диапазон рабочих температур этих микросхем составляет от –40°С до +125°С. К сожалению, в описании микросхемы [1] дано очень мало электрических характеристик. В частности, по нагрузочным характеристикам лишь сообщается о том, что при температуре микросхемы +25°С и разности напряжений на входе и выходе 5 В в диапазоне токов нагрузки от 5 до 100 мА изменение напряжения на выходе стабилизатора, как правило, меньше 0.1% и не превышает 0.5%, а в диапазоне температур микросхемы от –25°С до +125°С изменение напряжения при тех же условиях, как правило, меньше 0.3% и не превышает 1.5%. При этом отмечается, что характеристики получены при постоянной температуре

контактного датчика в режиме импульсных измерений с малой скважностью. В этих измерениях сопротивление нагрузки скачкообразно изменялось от максимального до минимального, то есть ток изменялся скачкообразно в противоположном направлении [2]. Длительность пребывания схемы при максимальном токе нагрузки не приводится. Что же касается изменения нагрузочной характеристики с температурой, то в [1] лишь сообщается, что в диапазоне температур от минимальной до максимальной выходное напряжение изменяется не более, чем на 0.65%.

Необходимо отметить, что из-за очень маленького размера кристалла микросхемы при выделяемой в нем мощности, составляющей сотни мВт, кристалл и корпус микросхемы быстро нагревается. Поэтому традиционные методы изучения нагрузочных характеристик в стационарном температурном состоянии окружающей среды здесь использовать нельзя, так как в процессе таких измерений микросхема будет иметь различную температуру. Целью настоящей работы являлась разработка методики измерений полных нагрузочных характеристик, показывающих, как это общепринято, зависимость выходного напряжения от тока нагрузки и получение результатов в широком температурном диапазоне микросхемы.

Методика измерений

Для проведения измерений параметров LM317L был собрана плата, в которой интегральный стабилизатор LM317L включен по типовой схеме, приведенной на рис.1.

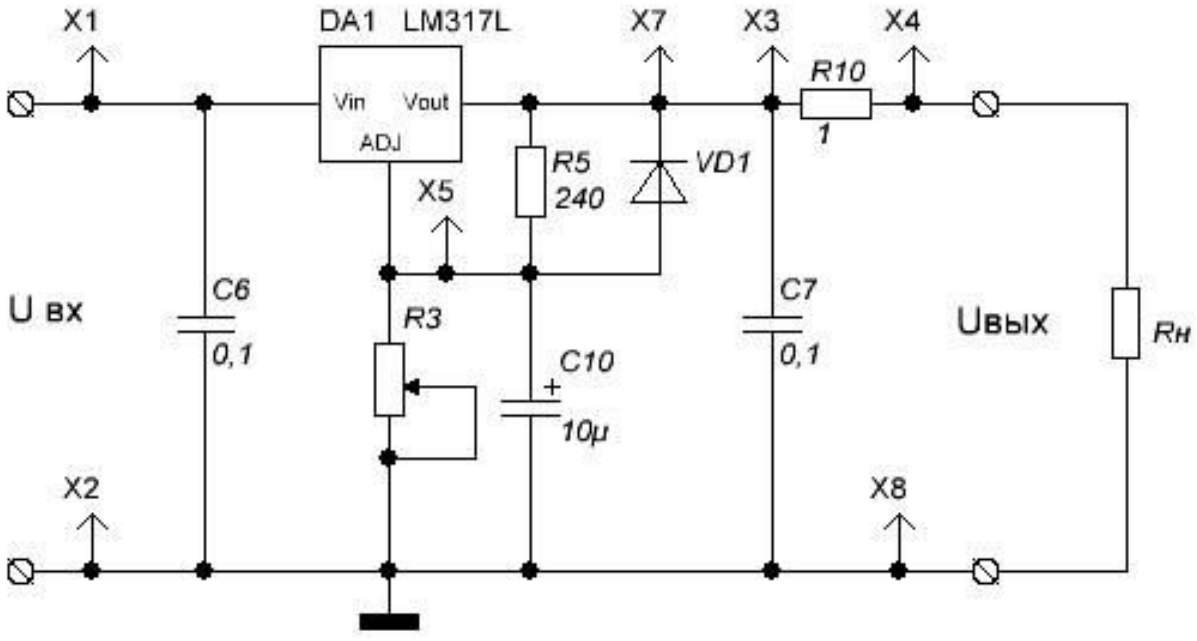


Рис.1. Типовая схема включения LM317L

Помимо измерений тока нагрузки $I_н$, входного $U_{вх}$ и выходного $U_{вых}$ напряжений производился также контроль температуры корпуса LM317L с помощью малоинерционного термопарного датчика.

Для создания необходимых температурных режимов исследуемая плата помещалась в камеру тепла и холода Espec MC811P, в которой предварительно устанавливалось заданное значение температуры. Плата в камере выдерживалась в течение часа, после чего производились измерения. На вход платы стабилизатора подавалось напряжение питания без подключения нагрузки и выжидалось время, пока на корпусе микросхемы установится температура. В ходе выполнения измерений нагрузка подключалась к выходу микросхемы на короткий промежуток времени, в течение которого измерялись ток нагрузки и выходное напряжение. Затем выжидалось время до установления температуры корпуса исследуемого стабилизатора в исходное состояние, и измерение повторялось с другим установленным сопротивлением нагрузки. С целью проверки возможного изменения параметров микросхемы из-за изменения температуры в течение кратковременного включения нагрузки были проведены специальные эксперименты с помощью высокоскоростной системы сбора данных Agilent 34972A. Эти эксперименты подтвердили, что изменением характеристик микросхемы во время нахождения нагрузки во включенном состоянии можно пренебречь.

Результаты измерений

Нагрузочные характеристики исследовались при трех значениях температуры микросхемы, примерно равных –35°C, +23°C и +84°C. Полученные результаты показаны на рисунках 2, 3 и 4.

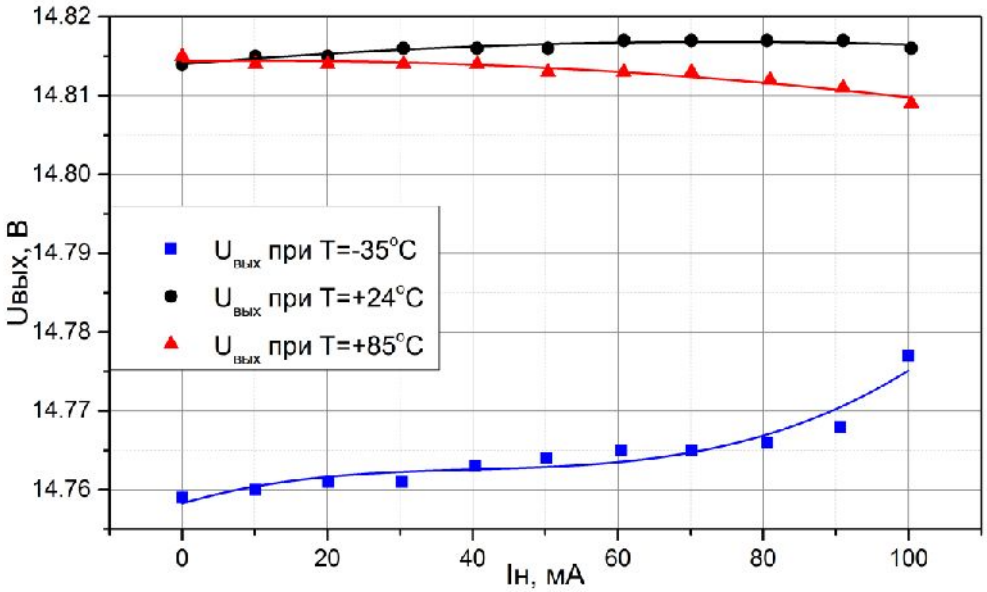


Рис. 2. Нагрузочная характеристика при напряжении $U_{вых}$, равном 15 В

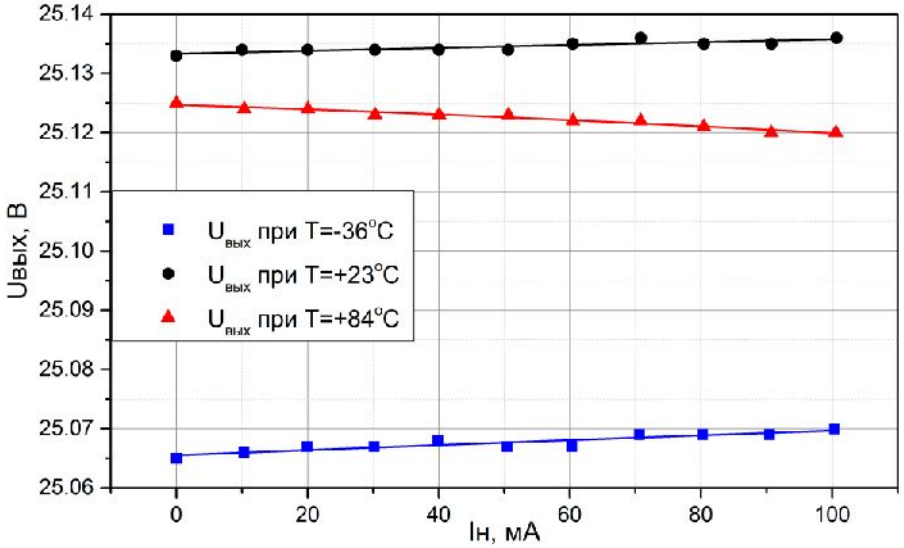


Рис. 3. Нагрузочная характеристика при напряжении $U_{вых}$, равном 25 В

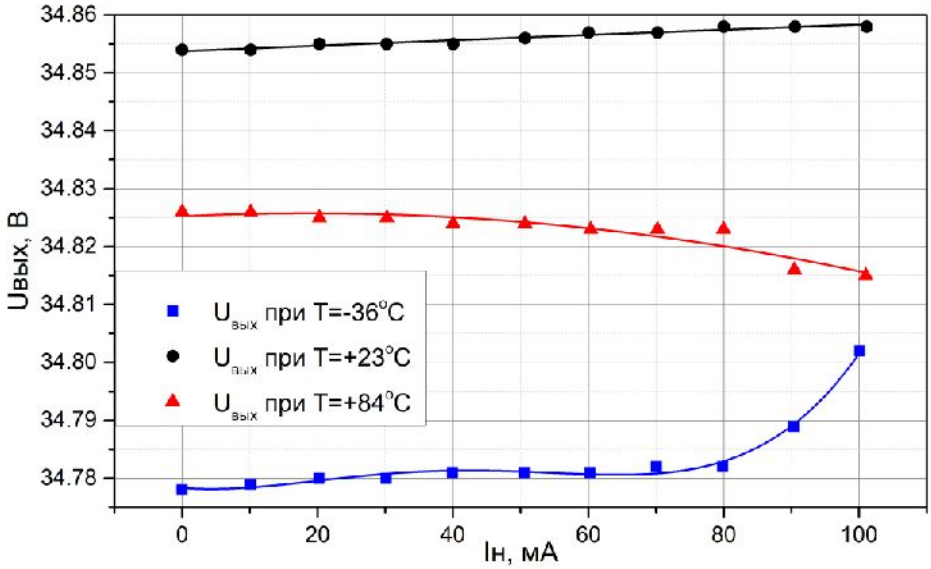


Рис. 4. Нагрузочная характеристика при напряжении $U_{вых}$, равном 35 В

Для каждого значения температуры измерения проведены при трех номинальных значениях выходного напряжения, примерно равных 15 В, 25 В и 35 В. Разность входного и выходного напряжения составляла 5 В.

Полученные результаты показывают, что с изменением тока нагрузки от 0 до 100 мА при всех температурных режимах и всех номинальных значениях $U_{вых}$ величина выходного напряжения меняется мало. Максимальное изменение $U_{вых}$ с изменением тока нагрузки наблюдалось при номинальном его значении, равном 15 В, и температуре –35°С. Оно составило примерно 0.1%, причем эта величина в значительной мере была обусловлена более крутым изменением в диапазоне от 80 до 100 мА. Такой же подъем при этой температуре наблюдался и в случае, когда номинальное

значение $U_{вых}$ составляло 35 В. Во всех остальных режимах изменение $U_{вых}$ с увеличением тока нагрузки было существенно меньше.

Нагрузочные характеристики в зависимости от температуры корпуса микросхемы также изменяются достаточно в малых пределах. Наиболее низкие значения $U_{вых}$ наблюдались при температуре –35°С. Наибольшее относительное изменение $U_{вых}$ с температурой было отмечено для номинального значения 15 В в самом начале нагрузочной характеристики при минимальном токе. Это изменение при изменении температуры от +84°С до –35°С составило 0.37%. Для остальных режимов изменение выходного напряжения с изменением температуры микросхемы было меньше.

Заключение

В результате проведенных исследований впервые получены зависимости выходного напряжения трех уровней от токов нагрузки при трех значениях температур. Линейный стабилизатор напряжения LM317L-N показал высокое качество стабилизации выходного напряжения. Полученные изменения выходного напряжения находятся в пределах, приведенных в технической документации.

Библиографический список

1. LM317L-N 3-Terminal Adjustable Regulator / Texas Instruments, 2013, –16 pp.

2. B. S. Lee Understanding the Terms and Definitions of LDO Voltage Regulators, Application Report SLVA079 / Texas Instruments, 1999, –13 pp.

УДК 621.396.967

СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ СВЕРХРАЗРЕШАЮЩИХ МЕТОДОВ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ОБРАБОТКИ НЕКЛАССИФИЦИРОВАННЫХ ВЫБОРОК НАБЛЮДЕНИЯ, СОДЕРЖАЩИХ ЛЧМ-СИГНАЛ

Битюков В.К., Бартенев В.Г., Гордеев А.Ю.,
МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

В данной работе представлен анализ системы адаптивной фильтрации, основанной на перекрестном управлении коэффициентами фильтров в двух частотных каналах и использовании методов спектрального анализа сверхвысокого разрешения (СА СВР) для их формирования, начатый в работах [1-6]. В данной работе будет рассмотрена обработка предложенной системой неклассифицированной выборки, в которой содержится ЛЧМ-

сигнал. Цели проводимой работы следующие.

1. Установить, возможна ли фильтрация системой, предложенной в работе [1] и рассмотренной в работах [2-6], неклассифицированной выборки наблюдения, содержащей полезный ЛЧМ-сигнал, при отсутствии его искажения, и если возможна, то при каких условиях.

2. Определить, какой из методов СА СВР при формировании коэффициентов адаптивного фильтра обеспечивает наилучшее подавление коррелированных дискретных помех (в нашем случае ангелов) при обработке неклассифицированной выборки наблюдения, содержащей полезный ЛЧМ-сигнал, не искажая форму этого сигнала.

Следует сразу оговориться, что многие значения параметров рассматриваемых сигналов и адаптивной системы были выбраны с целью удобства наглядного представления результатов обработки входных выборок данных. Также необходимо отметить, что в рассматриваемом нами случае адаптивный режекторный фильтр с перекрестным управлением коэффициентами располагается до фильтра сжатия.

Рассмотрим теперь подробнее сами сигналы – полезный и помехи. Полезный сигнал в комплексной форме будет описываться выражением:

$$S(t) = a_S(t)\, e^{i\,\varphi_S(t)}, \quad a_S(t) = \begin{cases} a_{S0}, & |t - t_0| \le T/2 \\ 0, & |t - t_0| > T/2 \end{cases}, \tag{1}$$

где $T = t_k - t_н$ – длительность ЛЧМ-сигнала, a_{S0} – амплитуда прямоугольной огибающей, а $\varphi_S(t)$ представляет собой следующее выражение:

$$\varphi_S(t) = 2\pi f_S \left(1 - \frac{f}{Tf_0}t\right) t,$$

где f_S – доплер начального значения несущей частоты ЛЧМ-сигнала, f – ширина спектра входного ЛЧМ-сигнала ($f = f_k - f_н = f_k - f_0$, где $f_н = f_0$ и f_k – начальное и конечное значения несущей ЛЧМ-сигнала).

Поскольку ангелы представляют собой эхо-отклики, практически аналогичные полезному сигналу, но с меньшими доплеровскими сдвигами частот, то для их описания можно записать следующее выражение

$$x(t) = a_c(t)\, e^{i\,\varphi_c(t)} + a_m(t)\, e^{i\,\varphi_m(t)}, \tag{2}$$

где выражения для амплитуд и фаз соответственно пассивной помехи ($a_c(t)$ и $\varphi_c(t)$) и местника ($a_m(t)$ и $\varphi_m(t)$) весьма сходны с выражением (1). Таким образом, входной сигнал, являющийся источником неклассифицированной выборки, будет представляться в виде

$$xx(t) = s(t) + x(t) + \varepsilon(t),$$

где полезный сигнал $s\ t$ и коррелированная помеха $x\ t$ описываются соответственно выражениями (1) и (2), а t – белый шум с нормальным распределением и СКО 0,1.

В рассматриваемом нами в данной работе случае параметры сигналов и системы следующие: $a_{S0} = 1$ (некоторая условная нормировочная единица), $a_{c0} = 2$, $a_{m0} = 3$, $T = 51{,}2$ мкс, $f_S = 350$ Гц, f = 10/20 МГц (соответственно база ЛЧМ-сигнала m = 512/1024), $f_{01} = 500$ МГц (начальное значение несущей для первого канала обработки адаптивного фильтра), f_{02} = 550/700 МГц. Для удобства построения спектров сигналов берем 512 элементов входной неклассифицированной выборки, содержащих весь ЛЧМ-импульс (один импульсный объем). Частота дискретизации при этом составляет $f_Д$ = 10 МГц, порядок фильтра при всех испытаниях равен 6 (для сравнения с результатами предыдущих публикаций).

На рис. 1 показаны спектры входных неклассифицированных выборок данных с параметрами f = 10 МГц, f_{01} = 500 МГц, f_{02} = 550 МГц. Пунктирной линией показан спектр выборки I канала, а сплошной – II канала.

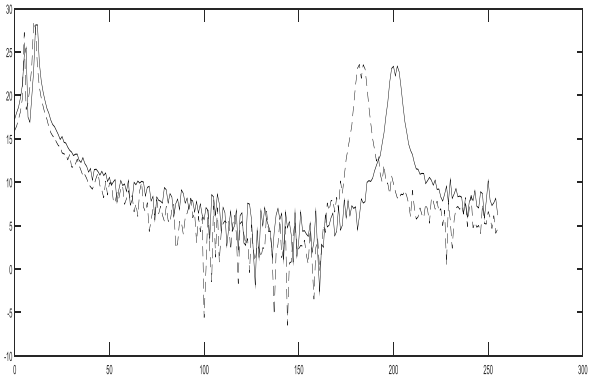


Рис. 1. Спектры входных сигналов для выборок с разными стартовыми несущими частотами;
f / f_{01} / f_{02} = 10/500/550 МГц

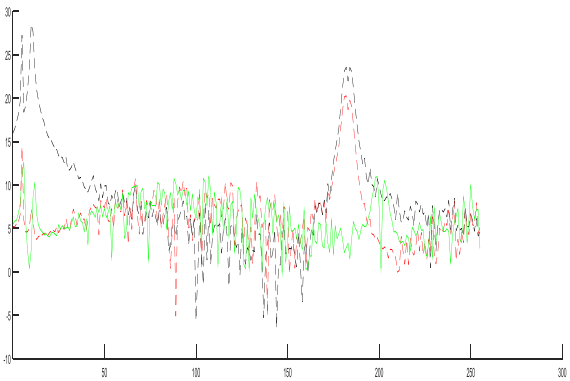


Рис. 2. Спектры входного и выходных сигналов после фильтрации по методу Берга,
f / f_{01} / f_{02} = 10/500/550 МГц

На рис. 2 представлены результаты обработки входной выборки в I канале фильтра при формировании коэффициентов на основе входной выборки из II канала по алгоритму Берга. Здесь, как и в дальнейшем, черной пунктирной линией показан спектр входной выборки I канала, серой пунктирной – спектр этой же выборки после обработки с перекрестным управлением коэффициентами, серой сплошной – после обработки фильтром с коэффициентами, формируемыми на базе выборки из этого же канала. Видно, что несмотря на достаточно хорошее подавление пассивной помехи

(на 13 и 21 Дб соответственно), происходит не только некоторое подавление, но и искажение полезного ЛЧМ-сигнала (до 1-2 Дб, если сравнивать по краям спектра). На рис. 3 показаны весьма похожие результаты для случая формирования коэффициентов фильтра по методу Прони.

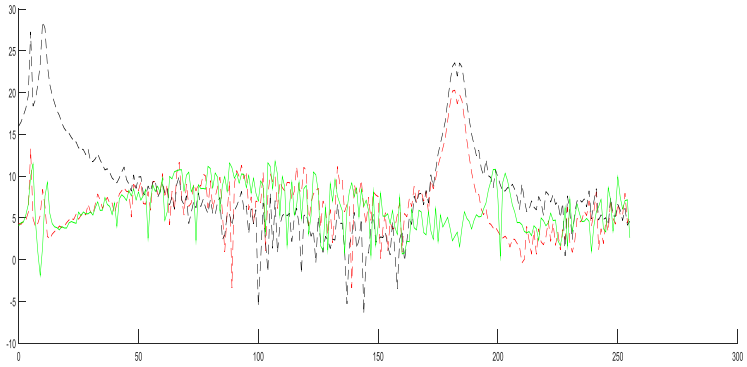


Рис. 3. Спектры входного и выходных сигналов, содержащих полезный ЛЧМ-отклик, при фильтрации по методу Прони;

f / f_{01} / f_{02} = 10/500/550 МГц

Можно заметить, что в этом случае первая компонента помехи подавляется на 1 Дб лучше, а вторая – на 1-1,5 Дб хуже, полезный же сигнал искажается так же. Что касается методов Юла-Уокера, максимальной энтропии и линейного предсказания, то результаты фильтрации входных выборок при формировании весовых коэффициентов на основе этих методов показали, как и в работах [1-6] для случая неизменной несущей, худшее (во всяком случае не лучшее) подавление пассивных помех, чем в рассмотренных выше случаях, при этом обеспечивая практически идентичное искажение ЛЧМ-сигнала. Поэтому результаты применения этих методов СА СВР для формирования коэффициентов адаптивного фильтра здесь не приводятся.

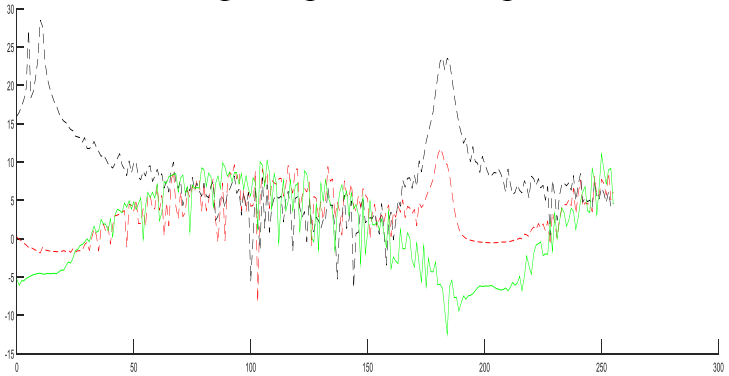


Рис. 4. Спектры входного и выходных сигналов, содержащих полезный ЛЧМ-отклик, при фильтрации по алгоритму Штейглица-МакБрайда;

f / f_{01} / f_{02} = 10/500/550 МГц

Однако и метод Штейглица-МакБрайда, обеспечивавший наилучшее подавление пассивных помех в случаях постоянной несущей и потому считав-

шийся лучшим методом СА СВР во всех предыдущих работах, посвященных данной тематике, дал на первый взгляд неожиданно плохой результат (рис. 4).

Обеспечивая по-прежнему полное отфильтровывание пассивных помех, данный метод в случае применения его при указанных выше параметрах сигналов и адаптивной системы создает наибольшее искажение и подавление полезного ЛЧМ-сигнала, что делает такую технику фильтрации абсолютно неприменимой.

В ходе проведенной работы было найдено условие, при котором обеспечивается такое же подавление пассивных помех, как и в случае постоянной несущей, при том, что форма ЛЧМ-сигнала полностью сохраняется:

$$|f_{02} \quad f_{01}| \quad f, \text{ т.е. } \min|f_{02} \quad f_{01}| \quad 10 \quad f. \qquad (3)$$

Справедливость данного критерия хорошо иллюстрируется рис. 5 и рис. 6.

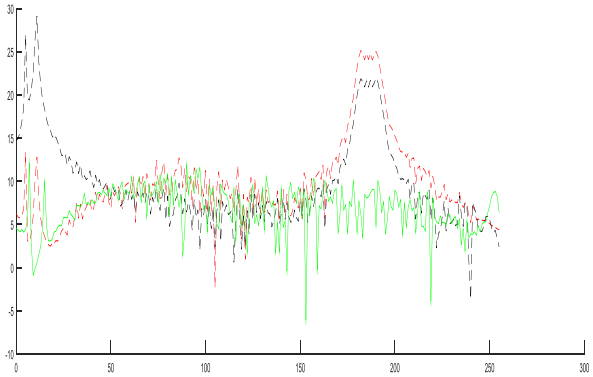


Рис. 5. Спектры входного и выходных сигналов после фильтрации по методу Прони,
f / f_{01} / f_{02} = 20/500/700 МГц

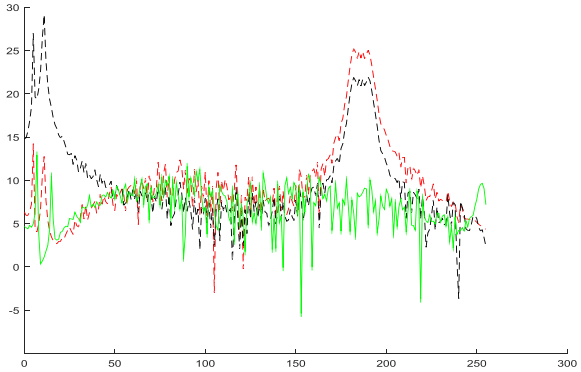


Рис. 6. Спектры входного и выходных сигналов после фильтрации по методу Берга,
f / f_{01} / f_{02} = 20/500/700 МГц

На данных рисунках показаны результаты фильтрации при формировании коэффициентов по методам Прони и Берга соответственно, f = 20 МГц, f_{01} = 500 МГц, f_{02} = 700 МГц. Видно, что в этом случае спектры полезных ЛЧМ-сигналов не только не искажаются, но и происходит усиление этих сигналов на 2,5-3 Дб при сохранении почти такого же качества фильтрации пассивных помех (составляющая a_c t помехи x t из выражения (2) подавляется несколько хуже). Если же при таких f, f_{01} и f_{02} использовать алгоритм Штейглица-МакБрайда для формирования коэффициентов фильтра, то результат будет следующий – рис. 7.

Хорошо заметно, что при таких значениях частот спектр ЛЧМ-импульса искажается значительно меньше, при этом уровень полезного сигнала возрастает на 5-6 Дб, а уровни обеих компонент помехи по-прежнему снижаются до 3-3,5 Дб. Однако в силу по-прежнему существен-

ных искажений полезного сигнала (разница до 1,5 Дб, считая по краям спектра) использование данного алгоритма СА СВР для формирования коэффициентов все так же невозможно.

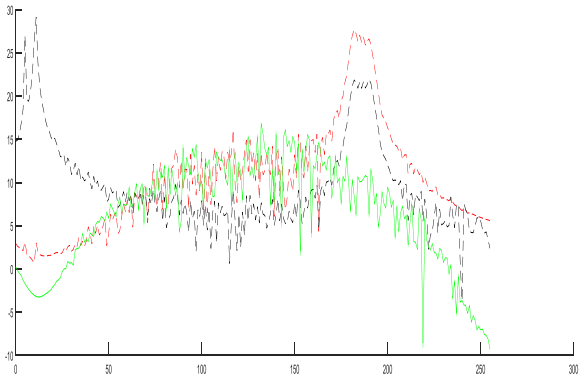


Рис. 7. Спектры входного и выходных сигналов после фильтрации по методу Штейглица-МакБрайда;
f / f_{01} / f_{02} = 20/500/700 МГц

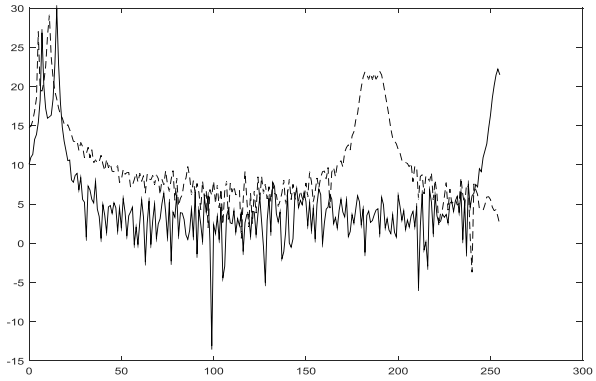


Рис. 8. Спектры входных сигналов для выборок с разными стартовыми несущими частотами;
f / f_{01} / f_{02} = 20/500/700 МГц

Спектр входных выборок обоих каналов фильтра представлены на рис. 8. Видно, что за счет большого значения f_{02} спектр полезного ЛЧМ-сигнала во II канале фильтрации практически не помещается в пределах выбранного нами доплеровского диапазона в 500 Гц (упирается в ограничение Найквиста по доплеровской частоте).

Причиной недостаточной эффективности применения метода Штейглица-МакБрайда в случае ЛЧМ-сигналов, проиллюстрированной на рис. 4 и рис. 7, является особенность самого этого алгоритма, заключающаяся, как уже указывалось в работах [1-6], в среднеквадратичной сходимости импульсной характеристики адаптивного фильтра ко входной неклассифицированной выборке, на основе которой эта характеристика формируется. Исходя из данной особенности и эмпирических данных, полученных в ходе выполнения данной работы, установлено, что алгоритм Штейглица-МакБрайда можно эффективно применять при выполнения условия:

$$|f_{02} \quad f_{01}| \quad 20 \quad f. \qquad (4)$$

На рис. 9 показаны результаты фильтрации при применении метода Штейглица-МакБрайда и выполнении указанного условия (4) по нижней границе. Параметры сигналов и системы в этом случае: f = 10 МГц, f_{01} = 500 МГц, f_{02} = 700 МГц. В этом случае разница в уровнях кромок полезного ЛЧМ-импульса составляет менее 0,4 Дб, т.е. полезный сигнал практически не искажается.

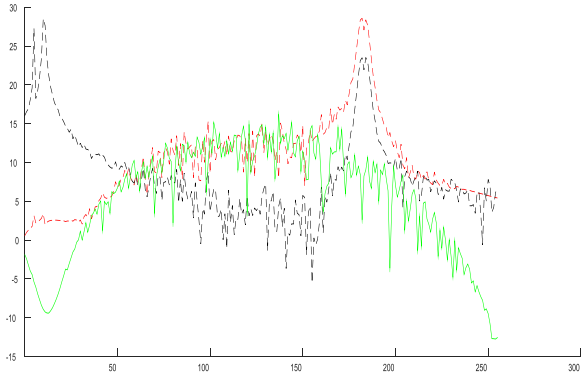


Рис. 9. Спектры входного и выходных сигналов после фильтрации по методу Штейглица-МакБрайда; f / f_{01} / f_{02} = 10/500/700 МГц

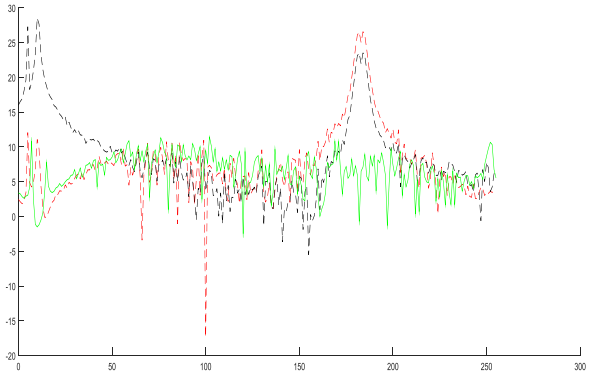


Рис. 10. Спектры входного и выходных сигналов после фильтрации по методу Прони; f / f_{01} / f_{02} = 10/500/700 МГц

Для сравнения на рис. 10 приведены результаты фильтрации с использованием метода Прони при тех же значениях всех частот. Хорошо видно, что качество передачи полезного сигнала практически не отличается от основного сигнала, при этом пассивные помехи подавляются гораздо хуже (на 9 и 8 Дб соответственно). При этом полезный сигнал в случае применения метода Штейглица-МакБрайда усиливается на 6 Дб, а в случае применения метода Прони – на 3 Дб. Результаты применения других методов СА СВР для формирования коэффициентов фильтра при указанных выше значениях f и f_{01}/f_{02} здесь не приводятся, поскольку они не лучше результатов применения метода Прони.

Таким образом, можно сформулировать два вывода, полученных в ходе выполнения данного исследования в соответствии с поставленными целями:

1. Применение методов СА СВР таких, как метод Берга, Юла-Уокера, максимальной энтропии, линейного предсказания и Прони в случае применения ЛЧМ-импульсов в качестве зондирующих сигналов и использования в качестве режекторного фильтра-обелителя адаптивной системы с перекрестными связями, предложенной в работах [1-6], целесообразно только в случае выполнения условия (3). Только тогда полезный ЛЧМ-сигнал проходит адаптивный фильтр неискаженным. Использование же метода Штейглица-МакБрайда в случае выполнения условия (3) и не выполнения условия (4) приводит к искажению полезного сигнала. В ходе работы было установлено, что применение метода Штейглица-МакБрайда возможно только при выполнении условия (4).

2. Если ширина спектра полезного ЛЧМ-сигнала f и разнос стартовых частот ЛЧМ-сигналов в обоих каналах обработки f_{01} и f_{02} такие, что выполняется условие (4), то применение для формирования весовых коэффициентов фильтра в этих каналах метода Штейглица-МакБрайда

позволяет достичь наибольшей эффективности в плане подавления дискретных коррелированных помех по сравнению с другими методами СА СВР. Данное утверждение справедливо, как было в данной работе показано, при использовании в качестве режекторного фильтра, стоящего перед фильтром сжатия, адаптивной системы с перекрестными связями и применения в качестве зондирующих сигналов ЛЧМ-импульсов.

Библиографический список

1. Бартенев В.Г. Способ адаптивной фильтрации дискретных помех. Патент по заявке № 2007101649 от 17.01.07. Публикация ФМПС в Бюл. №21 от 27.07.08.

2. Бартенев В.Г. Адаптивная фильтрация неклассифицированных выборок наблюдения // Современная электроника. 1989, №3, С. 68-71.

3. Бартенев В.Г. Адаптивный решетчатый фильтр для подавления дискретных коррелированных помех. Доклад на 10-й Международной конф. DSPA-2008. Москва, 26-28 марта, 2008.

4. Бартенев В.Г., Гордеев А.Ю. Применение методов Прони и Штейглица-МакБрайда для формирования весовых коэффициентов при адаптивной фильтрации неклассифицированных выборок наблюдения. Труды 14-ой Международной конференции «Цифровая обработка сигналов и ее применение» DSPA-2012. Москва, 2012, С. 257-260.

5. Бартенев В.Г., Гордеев А.Ю. Новый способ формирования весовых коэффициентов при адаптивной фильтрации неклассифицированных выборок наблюдений // Цифровая обработка сигналов. 2012, №2, С. 65-67.

6. Гордеев А.Ю. Сравнительный анализ эффективности различных методов спектрального анализа сверхвысокого разрешения для фильтрации неклассифицированных выборок наблюдения. Доклад на 69-й Международной конф. REDS-2014. Москва, 21-23 мая, 2014.

УДК 681.883.41

ИСКАЖЕНИЯ АКУСТИЧЕСКИХ СИНУСОИДАЛЬНЫХ ИМПУЛЬСОВ С ЛИНЕЙНОЙ ЧАСТОТНОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ ПРИ ПРОХОЖДЕНИИ МОРСКОЙ СРЕДЫ

Денисов В.Е., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

В работе рассматриваются искажения синусоидального акустического импульса (sin-импульса) с линейной частотной модуляцией (ЛЧМ), обусловленные неравномерностью частотной характеристики затухания $\alpha(f)$

морской среды. Используя аппроксимацию $\alpha(f)$ функцией $\alpha_K\ f\ = B_K + D_K f^2$, где f - частота в килогерцах, из работы [1], представим комплексный коэффициент передачи морской среды $H(j\omega)$ в форме, удобной для аналитических исследований

$$H\ j\omega\ = H\ 0\ \exp(-a\omega^2 - j\omega t_3), \quad (1)$$

где ω - угловая частота, рад/с;

$$H\ 0\ = \exp\ -0{,}115B_K R\ ;\ a = 0{,}115(2\pi)^{-2}10^{-6}D_K R, \quad (2)$$

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

Для аппроксимации 1: $B_1 = 0$; $D_1 = 0{,}036/\ \overline{f_0}$; для аппроксимации 8: $B_8 = 1{,}9 \cdot 10^{-3} {f_B}^{1{,}5}$, $D_8 = 0{,}036/\ \overline{f_B}$; где f_0, f_B несущая частота и верхняя частота рабочего диапазона в килогерцах соответственно.

Частотной характеристике (1) соответствует импульсная характеристика вида

$$h\ t\ = (2\ \overline{\pi a})^{-1} H\ 0\ \exp -\ t - t_3\ ^2/(4a)\ , \quad (3)$$

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

Найдем реакцию $S_2(t)$ морской среды на sin-импульс с ЛЧМ

$$S_1\ t\ = \Pi_1(t)\sin(\nu t)\cos(\omega_0 t + b_1 t^2 + \varphi_0), \quad (4)$$

где $\Pi_1\ t\ = 1\ t\ - 1(t - T_1)$, T_1- длительность импульса, $b_1 = (\pi\Delta F)/T_1$; ΔF – девиация частоты, Гц; ω_0- значение частоты при $t = 0$; $\nu = \pi/T_1$.

Сигнал $S_1\ t$ можно представить в виде разности двух прямоугольных импульсов с ЛЧМ с разными начальными частотами

$$S_1\ t\ = S_{1\Pi}\ t, \omega_2\ - S_{1\Pi}\ t, \omega_1\ , \quad (5)$$

где $S_{1\Pi}\ t, \omega_K\ = 0{,}5\Pi_1(t)\cos(\omega_K t + b_1 t^2 + \varphi_1)$, $\varphi_1 = \varphi_0 - (\pi/2)$, $\omega_1 = \omega_0 - \nu,\ \omega_2 = \omega_0 + \nu$.

Таким образом, задача определения реакции морской среды на sin-импульс с ЛЧМ сводится к задаче определения реакции на прямоугольный импульс с ЛЧМ, решенной в [2]. Используя результаты из [2], сигнал $S_2\ t$ можно представить в следующем виде

$$S_2\ t\ = S_{2B}\ t\ + S_{2C}\ t\ , \quad (6)$$

где $S_{2B}\ t$ -колебательная, а $S_{2C}\ t$ -апериодическая составляющие, определяемые по формулам

$$S_{2B}\ t\ = S_{21}\ t, \omega_2\ - S_{21}\ t, \omega_1\ ; \quad (7)$$

$$S_{2C}\ t\ =\ \ {}^{3}_{\nu=2}[S_{2\nu}\ t, \omega_2\ - S_{2\nu}\ t, \omega_1\ ]. \quad (8)$$

Сигналы $S_{21}\ t, \omega_K\ , S_{22}\ t, \omega_K\ , S_{23}\ t, \omega_K\ $ представляют собой составляющие реакции $S_{2\Pi}\ t, \omega_K\ $ на прямоугольный импульс с ЛЧМ $S_{1\Pi}\ t, \omega_K\ $ с начальной частотой ω_K:

$$S_{2\Pi}\ t,\omega_K\ = S_{21}\ t,\omega_K\ + S_{22}\ t,\omega_K\ + S_{23}\ t,\omega_K\ . \qquad (9)$$

Используя результаты работы [2], можно получить следующие выражения для этих составляющих

$$S_{21}\ t,\omega_K\ = 0{,}5A_2\ t,\omega_K\ \Pi_2(t,\omega_K)\cos[\Omega(\omega_K)\vartheta + b_2\vartheta^2 + \varphi_2(\omega_K)], \qquad (10)$$

где

$$A_2\ t,\omega_K\ = H\ 0\ n^{-1}\exp[-4ab_1\ \Omega\ \omega_K\ \vartheta + b_2\vartheta^2\ -\ a\omega_K\Omega(\omega_K)]; \qquad (11)$$

$$n = (1+16a^2b_1^2)^{1/4};\ \vartheta = t - t_3;\ \ \Omega(\omega_K) = \omega_K n^{-4};\ \ b_2 = b_1 n^{-4};$$

$$\Pi_2\ t,\omega_K\ = 1\ t - t_1(\omega_K)\ - 1(t - t_2(\omega_K));$$

$$t_2(\omega_K) = t_1(\omega_K) + n^2T_1;$$

$$t_1(\omega_K) = t_3 + (8a^2b_1\omega_K)/(1 + \sqrt{1+16a^2b_1^2});$$

$$\varphi_2(\omega_K) = \varphi_1 - \Delta - 4a^2b_2\omega_K^2;\ \ \Delta = 0{,}5arctg4ab_1;$$

$$S_{22}\ t,\omega_K\ = H\ 0\ \exp\ N(\omega_K)\ \ B_1(\omega_K)\ n_{1C}(\omega_K) - n_{1S}(\omega_K)\ \ /\ 4n\ , \qquad (12)$$

$$S_{23}\ t,\omega_K\ = -H\ 0\ \exp\ N(\omega_K)\ \ B_2(\omega_K)\ n_{2C}(\omega_K) - n_{2S}(\omega_K)\ \ /\ 4n\ , \qquad (13)$$

где $N(\omega_K) = N_1(\omega_K) + N_2(\omega_K)$; $N_1\ \omega_K\ = a\omega_K^2\ cos2\Delta - n^{-2}\ /n^2$;

$$N_2(\omega_K) = N_{21}(\omega_K) + N_{22};\ \ N_{21}(\omega_K) = \omega_K\vartheta\ sin2\Delta - 4ab_1n^{-2}\ /n^2;$$

$$N_{22} = \vartheta^2(\ 2a\ ^{-1}sin^2\Delta - 4ab_1^2n^{-2})n^{-2};$$

$$n_{1C}(\omega_K) = U(x_1,y_1)cosM(\omega_K);\ \ n_{1S}(\omega_K) = V(x_1,y_1)sinM(\omega_K);$$

$$n_{2C}(\omega_K) = U(x_2,y_2)\cos[M(\omega_K) + \omega_K T_1 +\ nT_1\ ^2\ 4a\ ^{-1}sin2\Delta];$$

$$n_{2S}(\omega_K) = V(x_2,y_2)\sin[M(\omega_K) + \omega_K T_1 +\ nT_1\ ^2\ 4a\ ^{-1}sin2\Delta];$$

$$B_1 = \exp[-\vartheta^2(4an^2)^{-1}];\ M(\omega_K) = M_1(\omega_K) + M_2(\omega_K);$$

$$B_2 = \exp[-\ \vartheta - n^2T_1\ ^2\ 4an^2\ ^{-1} + +\ nT_1\ ^2\ 2a\ ^{-1}sin\Delta];$$

$$M_1(\omega_K) = \varphi_1 + \Delta + a\omega_K^2n^{-2}(sin2\Delta - 4ab_1n^{-2});$$

$$M_2(\omega_K) = \omega_K\vartheta n^{-2}\ n^{-2} - cos2\Delta\ + \vartheta^2n^{-2}[b_1n^{-2} - (4a)^{-1}sin2\Delta];$$

$$x_1(\omega_K) = n^{-1}a^{0,5}\omega_K cos\Delta + \vartheta(2na^{0,5})^{-1}sin\Delta;$$

$$y_1(\omega_K) = n^{-1}a^{0,5}\omega_K sin\Delta - \vartheta(2na^{0,5})^{-1}cos\Delta;$$

$$x_2(\omega_K) = n^{-1}a^{0,5}\omega_K cos\Delta + (\vartheta + n^2T_1)(2na^{0,5})^{-1}sin\Delta;$$

$$y_2(\omega_K) = n^{-1}a^{0,5}\omega_K sin\Delta - (\vartheta - n^2T_1)(2na^{0,5})^{-1}cos\Delta;$$

$$U\ x_\nu,y_\nu\ = ReW(z_\nu);\ V\ x_\nu,y_\nu\ = ImW(z_\nu);\ z_\nu = x_\nu + jy_\nu.$$

W(z)- интеграл вероятности от комплексного аргумента, табулированный в [3].

Выражение (7) можно преобразовать также к виду

$$S_{2B}\ t\ = A_{2S}\ t\ cos(\psi_{2S}(t)), \tag{14}$$

где $A_{2S}\ t$ -огибающая сигнала, а $\psi_{2S}(t)$-его фаза:

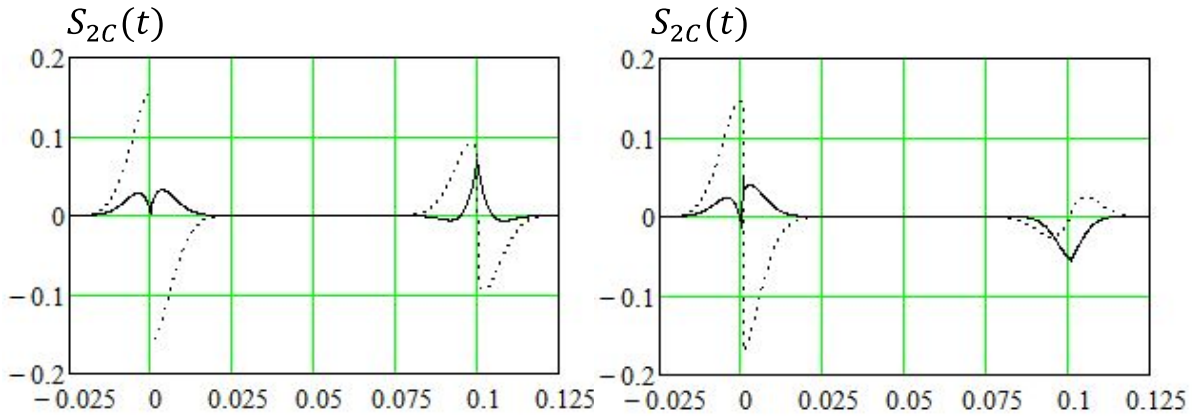
$$A_{2S}\ t\ = \sqrt{\mathrm{A}^2 + \mathrm{B}^2 - 2\mathrm{AB}\cos(\alpha - \beta)}, \tag{15}$$

$$tg(\psi_{2S}(t)) = (Asin\alpha - Bsin\beta)/(Acos\alpha - Bcos\beta), \tag{16}$$

где $A = A_2\ t, \omega_2\ \Pi_2(t, \omega_2), B = A_2\ t, \omega_1\ \Pi_2(t, \omega_1),$

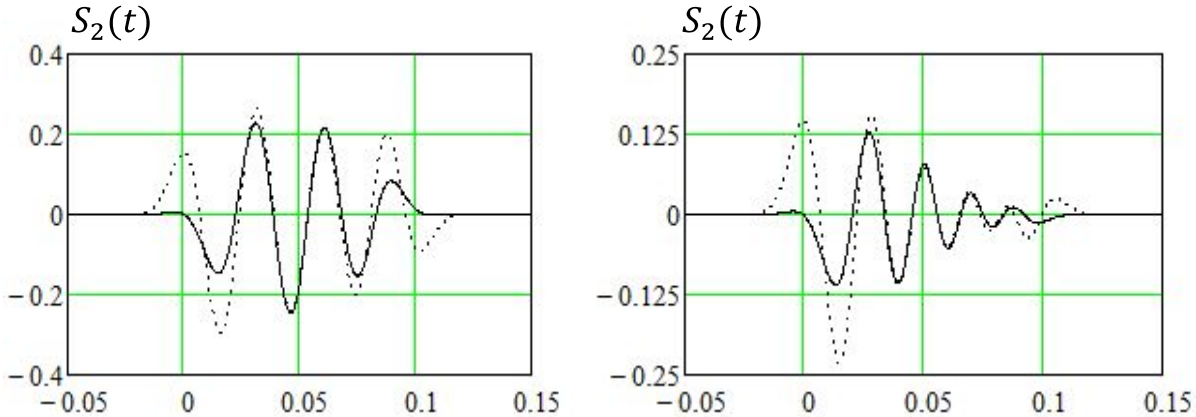
$\alpha = \Omega\ \omega_2\ t + b_2 t^2 + \varphi_2(\omega_2), \beta = \Omega\ \omega_1\ t + b_2 t^2 + \varphi_2(\omega_1)$

По приведенным выше формулам для аппроксимации 8 [1] были рассчитаны графики зависимостей $S_{2C}\ t$, $S_2\ t$, приведенные на рис 1,2. при $R = 2$ км, $f_B = 80$ кГц и t в миллисекундах.



а) б)

Рис.1. Зависимость $S_{2C}\ t$ при T_1=0,1 мс:—— sin-импульс,
- - - прямоугольный импульс; а)- ΔF=10 кГц; б)- ΔF=40 кГц.



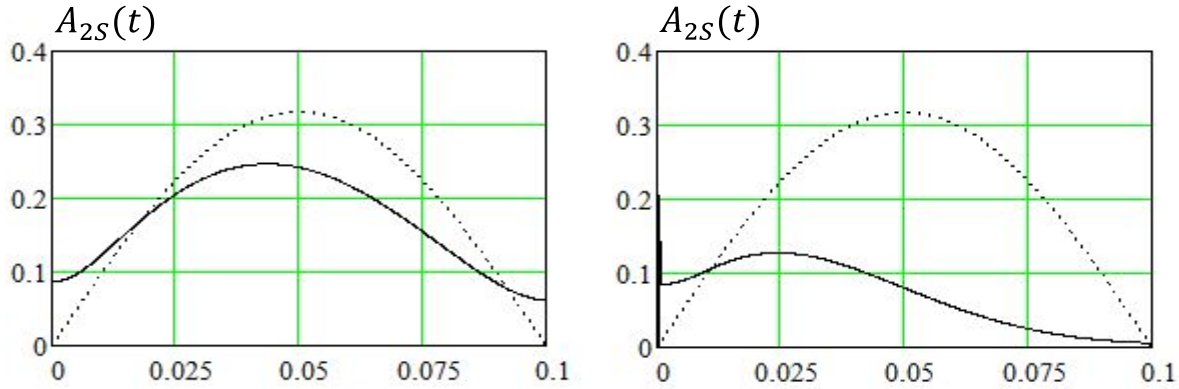
а) б)

Рис.2. Зависимость $S_2\ t$ при T_1=0,1 мс:—— sin-импульс,
- - - прямоугольный импульс; а)- ΔF=10 кГц; б)- ΔF=40 кГц.

На рис.1 в случае sin-импульса масштаб увеличен в 5 раз.
Поэтому, как следует из рис 1, для sin-импульса апериодическая составля-

ющая существенно меньше, чем для прямоугольного и уменьшается в окрестности $t = T_1$ с ростом девиации частоты. Следовательно, эффективные длительности предвестника и следа для sin-импульса значительно меньше, чем для прямоугольного.

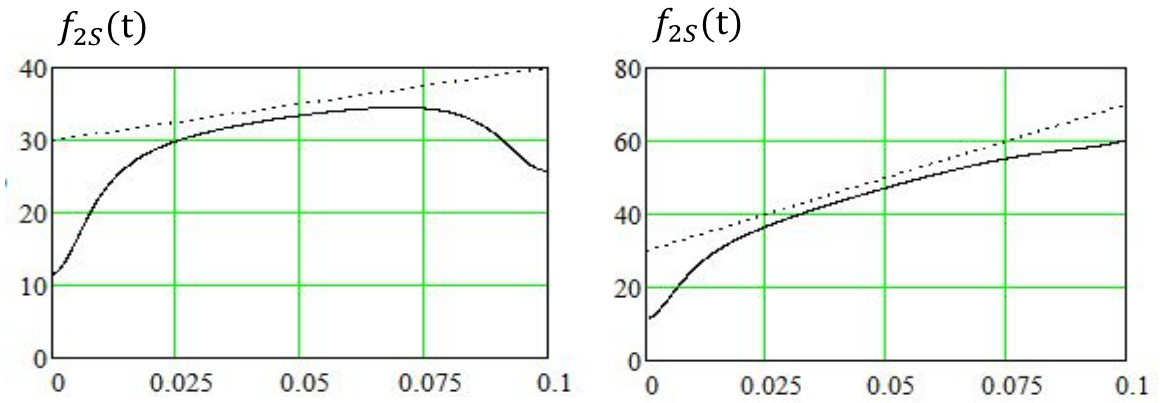
На рис.3,4 приведены графики зависимостей огибающей $A_{2S}\ t$ и мгновенной частоты $f_{2S}\ t\ =\ 2\pi\ ^{-1}d\psi_{2S}(t)/dt.$



а) б)

Рис.3. Зависимость $A_{2S}\ t$ при T_1=0,1 мс:—— sin-импульс,
- - - среда без искажений; а)- ΔF=10 кГц; б)- ΔF=40 кГц.

Как следует из рис.3, с ростом ΔF искажения огибающей увеличиваются.



а) б)

Рис.4. Зависимость $f_{2S}\ t$ при T_1=0,1 мс:—— sin-импульс,
- - - среда без искажений; а)- ΔF=10 кГц; б)- ΔF=40 кГц.

Зависимость мгновенной частоты от времени (рис.4) отличается от линейной и мгновенная частота выходного сигнала всегда меньше частоты входного сигнала. Искажения уменьшаются с увеличением длительности T_1 и уменьшением дальности R.

Библиографический список

1. Денисов В.Е. Аппроксимация амплитудно-частотной характери-

стики 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. Искажения акустических прямоугольных импульсов с линейной частотной модуляцией при прохождении морской среды. // 63-я Научно-техническая конференция МИРЭА: Сб. тр. – М.: МИРЭА, 2014.-Ч.3.Технические науки.

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

УДК 681.883.41

КОРРЕЛЯЦИЯ МЕЖДУ ВХОДНЫМ И ВЫХОДНЫМ СИГНАЛАМИ ГИДРОАКУСТИЧЕСКОГО КАНАЛА СВЯЗИ ПРИ ВХОДНОМ СИГНАЛЕ В ВИДЕ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ИМПУЛЬСА С ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ОГИБАЮЩЕЙ

Денисов В.Е., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

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 $\alpha_K\ f\ = B_K + D_K f^2$ из работы [1], можно представить комплексный коэффициент передачи ГАКС $H(j\omega)$ в форме, удобной для аналитических исследований

$$H\ j\omega\ = H\ 0\ exp(-a\omega^2 - j\omega t_3), \qquad (1)$$

где ω –угловая частота, рад/с;

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

$t_3 = R/C$, R-расстояние между передающей и приемной антеннами, км; $C = 1{,}5$ км/с - скорость звука в морской среде.

Для аппроксимации 1: $B_1 = 0,\ D_1 = 0{,}036/\ \overline{f_0}$.

Для аппроксимации 8: $B_8 = 1{,}9 \cdot 10^{-3} {f_B}^{1,5}$, $D_8 = 0{,}036/\ \overline{f_B}$, где f_0 , f_B- несущая частота и верхняя частота рабочего диапазона в килогерцах соответственно.

Частотной характеристики (1) соответствует импульсная характеристика вида

$$h\ t\ = H\ 0\ \ exp\ -\ t - t_3\ ^2/(4a)\ \ /(2\ \ \overline{\pi a}), \qquad (3)$$

где $h\ t$ – импульсная характеристика, с$^{-1}$; t – время, с; $H\ 0$ – безразмер-

ный коэффициент из (2); a –коэффициент из (2), с^2.

Сигнал на входе ГАКС далее обозначается как $s_1(t)$, а на выходе - $s_2(t)$. Сигнал $s_1(t)$ имеет вид

$$s_1\ t\ = \Pi\ t\ cos\ \omega_0 t + \varphi_0\ , \tag{4}$$

где $\Pi\ t\ = 1\ t\ - 1\ t - T\ ,$. T – длительность сигнала.

Взаимную корреляционную функцию (ВКФ) сигналов $s_1(t)$ и $s_2(t)$ можно определить по формуле

$$K_{12}\ \tau\ = \int_{-\infty}^{\infty} K_1(\vartheta)\ h\ \vartheta - \tau\ d\vartheta\ , \tag{5}$$

где $K_1(\tau)$ – автокорреляционная функция сигнала $s_1\ t\ $, определяемая выражением

$$K_1\ \tau\ = [0{,}5K_C\ \tau\ - (2\omega_0)^{-1}\cos(2\varphi_0)K_S\ \tau\ ]\ , \tag{6}$$

где

$$K_C\ \tau\ = \Pi_{2T}\ \tau\ (T - \tau\ )cos\omega_0\tau, K_S\ \tau\ = \Pi_{2T}\ \tau\ \sin(\omega_0\ \tau\ )\ , \tag{7}$$
$$\Pi_{2T}\ \tau\ = 1\ t + T\ - 1\ t - T$$

Выражение (6) получено при $\omega_0 T = 2n\pi$, где $n = 1{,}2{,}3\cdots$

Подставив выражения (3), (6), (7) в (5) и вычислив интеграл, можно получить следующее выражение

$$K_{12}\ \tau\ = H\ 0\ [0{,}5B_C\ \tau\ - (2\omega_0)^{-1}\cos(2\varphi_0)B_S\ \tau\ ], \tag{8}$$

где

$$B_C\ \tau\ = B_{C0}\ \tau\ + B_{C1}\ \tau\ + B_{C2}\ \tau\ + B_{C3}\ \tau\ , \tag{9}$$

$$B_{C0}\ \tau\ = \Pi_{2T}\ \tau\ \exp\ -a{\omega_0}^2\ [\ T - \tau\ \ cos\omega_0\tau + 2a\omega_0\sin(\omega_0\ \tau\ )]\ , \tag{10}$$

$$B_{C1}\ \tau\ = \exp - T - \tau\ ^2\ 4a\ ^{-1}\ [-0{,}5\ T - \tau\ \ U\ x_1, y_0\ + \ \overline{a/\pi}\ - \\ -a\omega_0 V\ x_1, y_0\ ]\ , \tag{11}$$

$$B_{C2}\ \tau\ = \exp - T + \tau\ ^2\ 4a\ ^{-1}\ [-0{,}5\ T + \tau\ \ U\ x_1, y_0^1\ + \ \overline{a/\pi}\ - \\ -a\omega_0 V\ x_1, y_0^1\ ]\ , \tag{12}$$

$$B_{C3}\ \tau\ = \exp\ -\tau^2\ 4a\ ^{-1}\ [\ \tau\ U\ x_1,\ y_1\ \ - 2\ \ \overline{a/\pi} + \\ +2a\omega_0 V\ x_1,\ y_1\ \ ], \tag{13}$$

$$y_0 = \ T - \tau\ \ /(2\ \ \overline{a}), y_0^1 = \ T + \tau\ \ /(2\ \ \overline{a}),\ y_1\ = \tau\ /(2\ \ \overline{a}), x_1 = \omega_0\ \ \overline{a},$$

$$B_S\ \tau\ = \Pi_{2T}\ \tau\ \exp\ -a{\omega_0}^2\ \ \sin\ \omega_0\ \tau\ \ + \exp\ -\tau^2\ 4a\ ^{-1}\ V\ x_1,\ y_1\ \ - \\ -0{,}5\exp\ - T + \tau\ ^2\ 4a\ ^{-1}\ V\ x_1, y_0^1\ \ - \\ -0{,}5\exp\ - T - \tau\ ^2\ 4a\ ^{-1}\ V\ x_1, y_0\ . \tag{14}$$

$$U\ x_\nu, y_\nu\ = ReW(z_\nu);\ V\ x_\nu, y_\nu\ = ImW(z_\nu);\ z_\nu = x_\nu + jy_\nu.$$

W(z)- интеграл вероятности от комплексного аргумента [2].

Выражения для $B_C\ \tau\ $ и $B_S\ \tau\ $ получены при $\omega_0 T = 2n\pi$, где $n = 1{,}2{,}3\cdots$, никаких других упрощающих ограничений не вводилось.

При анализе помехоустойчивости цифровых гидроакустических систем связи особый интерес представляют значения ВКФ при $\tau = 0$ - $K_{12}\ 0\ $ и при $\tau = T$ - $K_{12}\ T\ $. Для их определения необходимо определить $B_C\ 0\ $, $B_C\ T\ $, $B_S\ 0\ $, $B_S\ T\ $. Выражения для этих величин, полученные из общих

соотношений, приводятся ниже

$$B_C\ 0\ = T\exp\ -a\omega_0{}^2\ + 2\exp\ -b_1^2\ [\ \overline{a/\pi} - 0{,}5TU\ x_1, b_1\ - -a\omega_0 V\ x_1, b_1\ ] - 2\ \overline{a/\pi} + 2a\omega_0 V\ x_1, 0\ , \quad (15)$$

$$B_C\ T\ =\ \overline{a/\pi} - a\omega_0 V\ x_1, 0\ + \exp\ -4b_1^2\ [\ \overline{a/\pi}\ - TU\ x_1, 2b_1\ - -a\omega_0 V\ x_1, 2b_1\ ] + \exp\ -b_1^2\ [TU\ x_1, b_1\ - 2\ \overline{a/\pi} + 2a\omega_0 V\ x_1, b_1\ ], \quad (16)$$

$$B_S\ 0\ =\ V\ x_1, 0\ - \exp\ -b_1^2\ V\ x_1, b_1\ , \quad (17)$$

$$B_S\ T\ = \exp\ -b_1^2\ V\ x_1, b_1\ - 0{,}5\exp\ -4b_1^2\ V\ x_1, 2b_1\ - 0{,}5V\ x_1, 0\ , \quad (18)$$

$$b_1 = T/(2\ \overline{a}).$$

Как показывает расчет, при $20 \le f_0 \le 100$ кГц, $T \ge 0{,}05$ мс, $R \le 3$ км можно пренебречь в (15), (17), (18) членами порядка $\exp\ -b_1^2\ $, тогда

$$B_C\ 0\ \approx T\exp\ -a\omega_0{}^2\ - 2\ \overline{a/\pi} + 2a\omega_0 V\ x_1, 0\ , B_S\ 0\ \approx\ V\ x_1, 0\ . \quad (19)$$

Относительная погрешность выражений (19) не превосходит 3%.

$$B_S\ T\ \approx -0{,}5V\ x_1, 0\ , \quad (20)$$

Относительная погрешность выражения (20) не превосходит 5%.

При $30 \le f_0 \le 100$ кГц, $T \ge 0{,}05$ мс, $R \le 3$ км можно пренебречь и в (16) членами порядка $\exp\ -b_1^2\ $, в этом случае

$$B_C\ T\ \approx\ \overline{a/\pi} - a\omega_0 V\ x_1, 0\ . \quad (21)$$

Относительная погрешность выражения (21) не превосходит 1%.

Относительная погрешность приближенных выражений уменьшается с ростом T и f_0 и с уменьшением R. Приведем теперь относительную погрешность для $K_{12}\ 0\ , K_{12}\ T\ $ при разных условиях. Для $K_{12}\ 0\ $ при $20 \le f_0 \le 100$ кГц, $T \ge 0{,}05$ мс, $R \le 3$ км относительная погрешность не превосходит 5% и при $T \ge 0{,}1$ мс – 2%. Для $K_{12}\ T\ $ при $20 \le f_0 \le 100$ кГц, $T \ge 0{,}05$ мс, $R \le 2$ км относительная погрешность не превосходит 2%; при $R = 3$ км, $30 \le f_0 \le 100$ кГц, $T = 0{,}1$ мс – 5%.

От величин $K_{12}\ 0\ , K_{12}\ T\ $ удобно перейти к соответствующим коэффициентам взаимной корреляции $k_{12}\ 0\ , k_{12}\ T\ ,$

$$k_{12}\ 0\ = K_{12}\ 0\ /\ \overline{E_1 E_2}, k_{12}\ T\ = K_{12}\ T\ /\ \overline{E_1 E_2}\ , \quad (22)$$

где E_1, E_2 –энергии сигналов $s_1\ t\ $ и $s_2\ t\ $ равные $E_1 = 0{,}5T$,

$$E_2 = H_0^2(0)\{0{,}5T exp\ -2x_1^2\ + 0{,}5\ \omega_0^{-1}\ 4x_1^2 - \cos\ 2\varphi_0\ \ V\ \ \overline{2}x_1, 0\ - -\ \overline{2a/\pi}\}. \quad (24)$$

Формула (24) является приближенной и получена в работе [3].

Для анализа зависимости $k_{12}\ 0\ , k_{12}\ T\ $ от параметров входного сигнала φ_0, T, f_0 и дальности связи R были рассчитаны графики зависимости $k_{12}\ 0\ , k_{12}\ T\ $ от несущей частоты f_0 при разных значениях φ_0 и T для $R = 1, 2$ км, приведенные на рис. 1- 4. Все расчеты проводились для аппроксимации 8 при $f_B = 80$ кГц.

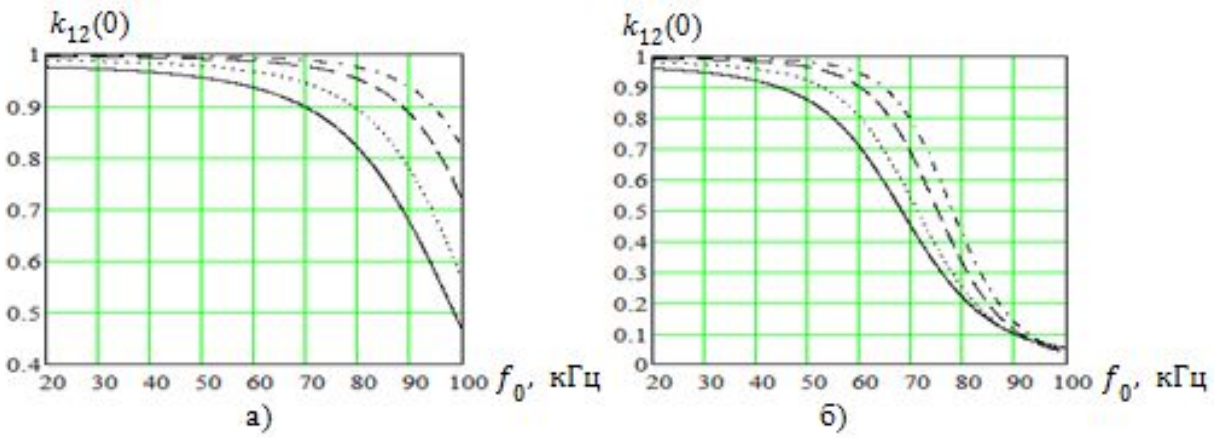


Рис.1. Зависимость $k_{12}\ 0$ от f_0 при $\varphi_0 = 0$: а) $R = 1$ км, б) $R = 2$ км, —— $T = 0{,}1$ мс; ⋯ $T = 0{,}2$ мс; - - - $T = 0{,}5$ мс; — · — $T = 1$ мс.

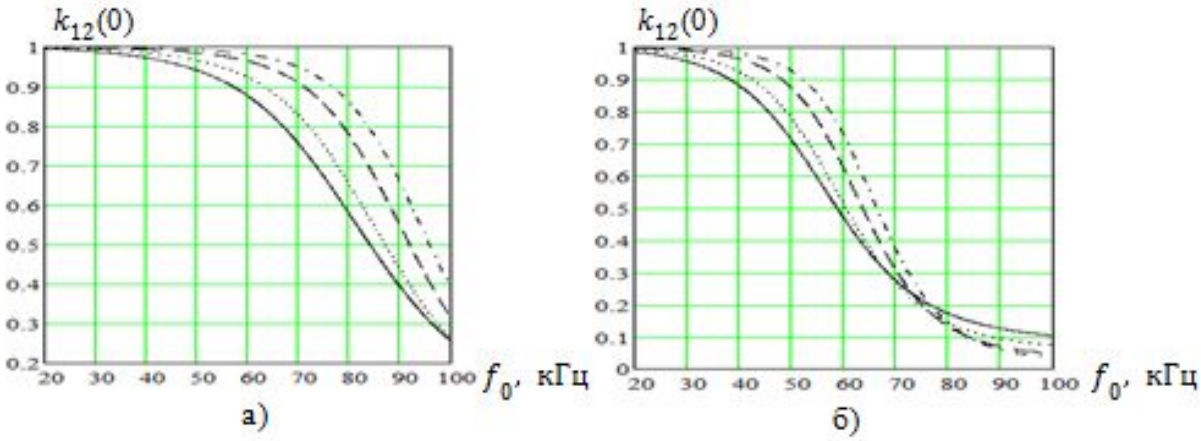


Рис.2. Зависимость $k_{12}\ 0$ от f_0 при $\varphi_0 = -\pi/2$: а) $R = 1$ км, б) $R = 2$ км, —— $T = 0{,}1$ мс; ⋯ $T = 0{,}2$ мс; - - - $T = 0{,}5$ мс; — · — $T = 1$ мс.

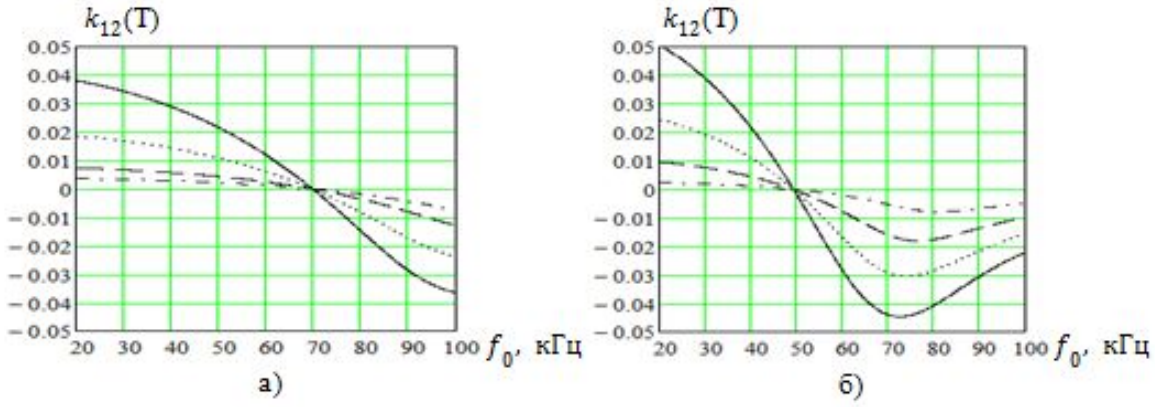


Рис.3. Зависимость $k_{12}\ T$ от f_0 при $\varphi_0 = 0$: а) $R = 1$ км, б) $R = 2$ км, —— $T = 0{,}1$ мс; ⋯ $T = 0{,}2$ мс; - - - $T = 0{,}5$ мс; — · — $T = 1$ мс.

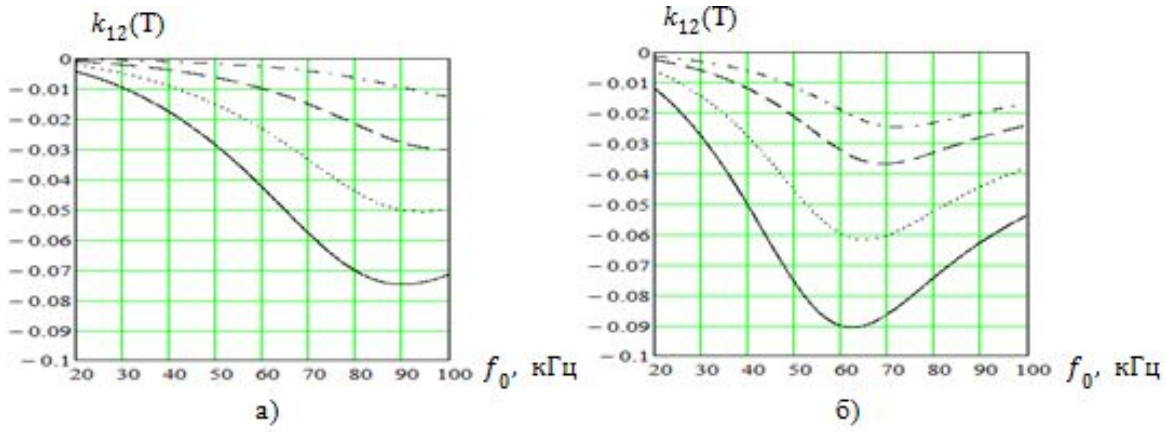


Рис.4. Зависимость $k_{12}\ T$ от f_0 при $\varphi_0 = -\pi/2$: а) $R = 1$ км, б) $R = 2$ км, —— $T = 0{,}1$ мс; ⋯ $T = 0{,}2$ мс; - - - $T = 0{,}5$ мс; — · — $T = 1$ мс.

Как видно из рисунков 1,2 коэффициент корреляции $k_{12}\ 0$ уменьшается с ростом несущей частоты f_0 и дальности связи R и увеличивается с ростом длительности сигнала T. Коэффициент корреляции $k_{12}\ 0$ характеризует энергетические потери в ГАКС. Таким образом, чтобы уменьшить энергетические потери необходимо увеличивать T и тем больше чем больше f_0 и R. Рост энергетических потерь с увеличением f_0 и R существенно ограничивает сверху диапазон рабочих частот при увеличении R. Например, пусть $k_{12}\ 0\ \geq 0{,}9$ и $T = 0{,}1$ мс. В этом случае при $R = 1$ км верхняя допустимая частота равна 70 килогерц, а при $R = 2$ км – 45 кГц. Также следует отметить зависимость $k_{12}\ 0$ от начальной фазы φ_0. У прямоугольного импульса с косинусоидальным заполнением ($\varphi_0 = 0$) величина $k_{12}\ 0$ больше чем у импульса с синусоидальным ($\varphi_0 = -\pi/2$).

Как видно из рисунков 3,4 коэффициент корреляции $k_{12}\ T$ при изменении частоты в данном диапазоне и $\varphi_0 = 0$ может изменять свой знак. При $\varphi_0 = -\pi/2$ величина $k_{12}\ T$ отрицательная. Коэффициент корреляции $k_{12}\ T$ уменьшается с ростом T и увеличивается с ростом R . Величина $k_{12}\ T$ характеризует межсимвольную помеху, причем $k_{12}\ -T\ = k_{12}\ T$. Таким образом, увеличение T не только уменьшает энергетические потери в ГАКС, но и уменьшает межсимвольную помеху.

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. 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.

УДК 621.396.96

ОЦЕНИВАНИЕ ЧИСЛА СТОХАСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ В УСЛОВИЯХ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ АПРИОРНОЙ НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ

Петров С.В., ОАО «ВНИИРТ», г. Москва, Россия

Рассмотрим задачу оценивания числа стохастических сигналов от внешних источников на фоне собственных шумов решётки приёмных элементов, которая возникает в различных областях науки и техники – в радиолокации, гидролокации, радиоастрономии, связи, сейсмологии. Ряд параметров этой задачи, таких как мощность собственных шумов в каналах антенны и направления на источники сигналов в подавляющем большинстве практических сценариев неизвестны, поэтому рассмотрение должно проводиться в условиях параметрической априорной неопределённости.

Пусть антенная решётка из N элементов принимает узкополосные шумовые сигналы от M внешних источников на фоне собственных шумов элементов антенны. Сигналы и шум считаем независимыми стационарными гауссовскими случайными процессами с нулевыми средними и дисперсиями в элементе решётки σ_m^2 ($m = 1,\ldots,M$) и σ^2 соответственно, одинаковыми для всех элементов. Шумы в различных элементах решётки не коррелированны между собой. Сигналы с выходов элементов преобразуются в цифровую форму с частотой дискретизации, соответствующей теореме Котельникова, так что последовательные выборки смеси сигнала и шума также не коррелированны между собой. В течение времени наблюдения на выходе АЦП элементов решётки формируется обучающий пакет из K временных выборок $\mathbf{X} = \mathbf{X}_1, \mathbf{X}_2, \ldots, \mathbf{X}_K$, где $\mathbf{X}_k$ (k=1,…,K) – вектор сигналов (комплексных огибающих) с элементов антенны в момент дискретного времени k размером $N \times 1$.

Обучающий пакет $\mathbf{X}$, размером $N \times K$ представляется в виде:

$$\mathbf{X} = \mathbf{V}\mathbf{S} + \mathbf{Z}, \qquad (1)$$

где $\mathbf{V} = \mathbf{V}_1, \mathbf{V}_2, \ldots, \mathbf{V}_M$ – матрица, состоящая из векторов $\mathbf{V}_m$ амплитудно-фазового распределения поля в раскрыве, будем называть их сигнальными

векторами; **S** – матрица комплексных огибающих сигналов, а **Z** – матрица шумов элементов антенны. Будем считать, что угловой разнос между источниками сигналов не менее половины ширины луча по нулям, так что их сигнальные векторы можно считать взаимно ортогональными.

Корреляционная матрица данных наблюдения при оговоренных выше условиях равна

$$\mathbf{R} \quad \mathbf{V}\mathbf{R}_M\mathbf{V}^H \quad {}^2\mathbf{I}, \tag{2}$$

где $(\ )^H$ – символ эрмитовой сопряжённости, $\mathbf{R}_{\text{M}}$ M $\mathbf{S}_k\mathbf{S}_k^{\text{H}}$ – матрица взаимной корреляции сигналов.

Максимально правдоподобная выборочная оценка корреляционной матрицы равна

$$\hat{\mathbf{R}} \quad \frac{1}{K}\mathbf{X}\mathbf{X}^H. \tag{3}$$

Алгоритм оценивания числа сигналов будем строить в виде последовательности проверок гипотез, на n-м шаге которой будет проверяться наличие не более n–1 сигналов – гипотеза H_0, против альтернативы H_1 – наличия не менее n сигналов ($n \quad 1,...,N$). Если на n-м шаге принимается гипотеза H_0, процесс завершается и делается вывод, что присутствует n–1 сигналов. Если принимается гипотеза H_1, производится переход на n+1 шаг и процесс продолжается то тех пор, пока не будет принята гипотеза H_0. Для принятия решения, в соответствии с критерием Неймана-Пирсона [6], на каждом шаге необходимо вычислять отношение правдоподобия или логарифм отношения правдоподобия и сравнивать его с порогом, определяемым заданным уровнем ложной тревоги.

В рассматриваемом случае ряд параметров задачи, а именно отношения сигнал-шум (ОСШ) $q_m \quad {}^2_m / \ {}^2$, сигнальные векторы $\mathbf{V}_m$ и мощность шума ^{2} заранее неизвестны. Распространённый подход для преодоления параметрической неопределённости заключается в использовании обобщённого критерия отношения правдоподобия [6], где с порогом сравнивается статистика

$$\mathrm{l}_{\text{n}}^* \ \mathbf{X} \quad \max_{{}^2,\mathbf{V}_{\text{i}},q_{\text{i}}} \ln \mathrm{p}_{\text{n}} \ \mathbf{X} \quad \max_{{}^2,\mathbf{V}_{\text{i}},q_{\text{i}}} \ln \mathrm{p}_{\text{n}\ 1} \ \mathbf{X} \quad , \tag{4}$$

т.е. неизвестные параметры заменяются их максимально правдоподобными оценками.

Логарифм совместной плотности распределения элементов обучающего пакета, которые являются комплексными нормально распределенными случайными величинами с нулевыми средними, задаётся выражением

$$\ln p(\mathbf{X}) = \sum_{k=1}^{K} \mathbf{X}_k^H \mathbf{R}^{-1} \mathbf{X}_k - KN \ln K - K \ln |\mathbf{R}|, \quad (5)$$

где $|\cdot|$ – определитель матрицы. Подставим выражение (5) в (4), проведём необходимые преобразования, максимизации по неизвестным параметрам и упрощения. В результате получим, что статистика

$$Q_n = \hat{\lambda}_n \left(\frac{1}{N-n} \sum_{i=n+1}^{N} \hat{\lambda}_i \right)^{-1}, \quad (6)$$

где $\hat{\lambda}_n$ – n-е по величине собственное значение выборочной корреляционной матрицы, является решающей статистикой для задачи оценивания числа сигналов на фоне шумов.

Итак, полученный алгоритм оценивания числа можно записать в виде:

$$\hat{M} = \arg\min_n \{ Q_n < d_n \}, \; n = 1,\ldots,N. \quad (7)$$

Далее необходимо решить задачу выбора порога d_n по заданному уровню ложной тревоги α. Для этого требуется изучить статистические характеристики величины Q_n.

Используя сведения из теории случайных матриц, изложенные в работах [2], [3] и [5], и сделав ряд допущений, справедливых в асимптотическом случае, получим, что при $N, K \to \infty$ и $N/K \to c > 0$, функция распределения статистики Q_n сходится к следующим пределам соответственно:

при $0 < q_n < \frac{1}{\sqrt{KN}}$: $\Pr\left\{ \frac{1}{\mu_n} (Q_n - \mu_n) < x \right\} \to F_{TW2}(x)$, (8)

где $F_{TW2}(x)$ – функция распределения Трейси-Видома для унитарного ансамбля, $\mu_n = \left(\sqrt{N-n-1} + \sqrt{\frac{K}{n}} \right)^2$, $\sigma_n = \left(\sqrt{\frac{n}{K}} + \frac{1}{\sqrt{K}} + \frac{1}{\sqrt{N-n-1}} \right)^{\frac{1}{3}}$,

при $q_n > \frac{1}{\sqrt{KN}}$: $\Pr\left\{ \frac{1}{\sigma_n} (Q_n - b_n - \mu_n) < x \right\} \to G(x)$, (9)

где $G(x)$ – функция стандартного нормального распределения, $\mu_n = (Nq_n + 1)\left(1 + \frac{N-n}{KNq_n}\right)$, $\sigma_n = \frac{Nq_n + 1}{\sqrt{K}} \sqrt{1 - \frac{N-n}{KN^2 q_n^2}}$, $b_n = \frac{N-n}{N-n-1}$.

Воспользовавшись выражением (8), получим, что вероятность ложной тревоги в зависимости от величины порога D описывается выражением

$$1 \quad F_{TW2} \quad D \quad 1 \quad F_{TW2} \quad d_n \quad n \quad n, \qquad (10)$$

соответственно D находится по заданному уровню ложной тревоги путём обращения распределения Трейси-Видома.

Исходя из этого, найдём, что порог n-го шага d_n, с которым сравнивается статистика Q_n, должен вычисляться по формуле

$$d_n \quad n \quad D \quad n. \qquad (11)$$

Использовав выражение (9), получим, что вероятность пропуска сигнала можно вычислить по формуле

$$G \quad d_n \quad b_n \quad n \quad n. \qquad (12)$$

Для иллюстрации эффективности полученного алгоритма и анализа показателей качества его работы приведём некоторые результаты количественных оценок по полученным выражениям в сопоставлении с результатами статистического моделирования для случая линейной эквидистантной антенной решётки с числом элементов N=16 и расстоянием между элементами d /2. Число временных выборок взято равным K=48.

На рис. 1 для исследованной статистики показана зависимость вероятности ложной тревоги от величины порога для M=0 и M=2 сигналов с ОСШ q=0 дБ. Число реализаций при моделировании составляло от 10^4 до 10^7. Значения функции распределения Трейси-Видома выбирались из таблиц [7], промежуточные точки получены при помощи интерполяции. На рис. 2 изображены зависимости вероятности пропуска сигнала от ОСШ при вероятности ложной тревоги 10 3 для M=1 и M=3 сигналов. Как видно, соответствие результатов расчёта и моделирования достаточно близкое.

На рисунках 3 и 4 проведено сравнение методом статистического моделирования зависимости вероятности правильного обнаружения от ОСШ и числа выборок для предложенного алгоритма (7) и ряда других алгоритмов: AIC, MDL [1], Shott [4], Rao [2], Nadler [3] и Kritchman [5]. Вероятность ложной тревоги для алгоритма (7), алгоритмов Shott и Kritchman задавалась равной 10 3. Из графиков видно, что высокая чувствительность алгоритмов AIC и Rao достигается за счёт высокой вероятности ложной тревоги, которая к тому же меняется при изменении параметров сценария. Алгоритм (7) и алгоритм Kritchman показывают близкие результаты. Алгоритмы MDL, Shott и Nadler уступают по чувствительности предложенному алгоритму во всех рассмотренных сценариях.

Таким образом, в работе синтезирован алгоритм оценивания числа стохастических сигналов, который не требует знания мощности шума в каналах антенны, позволяет контролировать уровень ложной тревоги и прост в вы-

числительной реализации. Синтезированный алгоритм представляет собой последовательность проверок статистических гипотез, на каждом шаге которой решающая статистика сравнивается с порогом. Полученные для асимптотического режима формулы для вероятности ложной тревоги и пропуска сигнала обеспечивают хорошее соответствие с результатами статистического моделирования. Сравнение с известными алгоритмами оценивания числа показывает высокие характеристики синтезированного алгоритма.

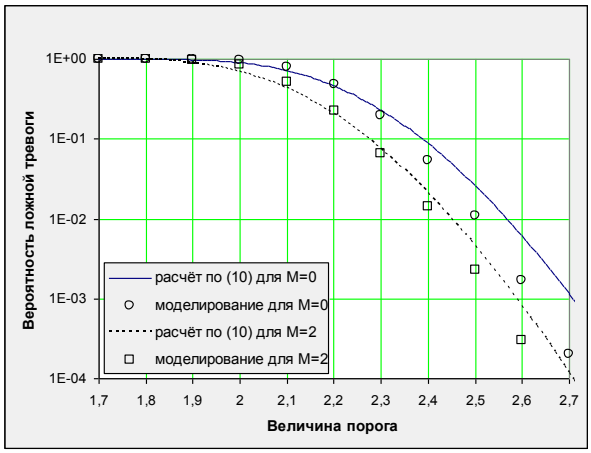


Рис. 1. Рассчитанные и экспериментальные зависимости вероятности ложной тревоги.

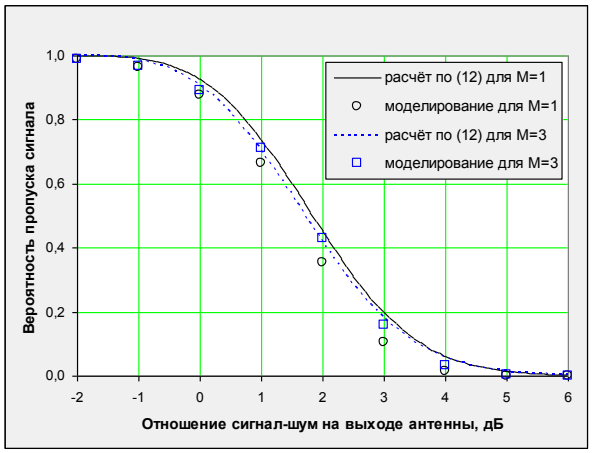


Рис. 2. Рассчитанные и экспериментальные зависимости вероятности пропуска сигнала.

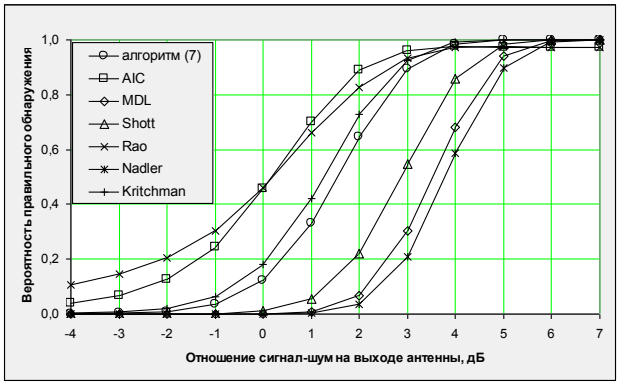


Рис. 3. Зависимости вероятности правильного обнаружения от ОСШ для *M*=1.

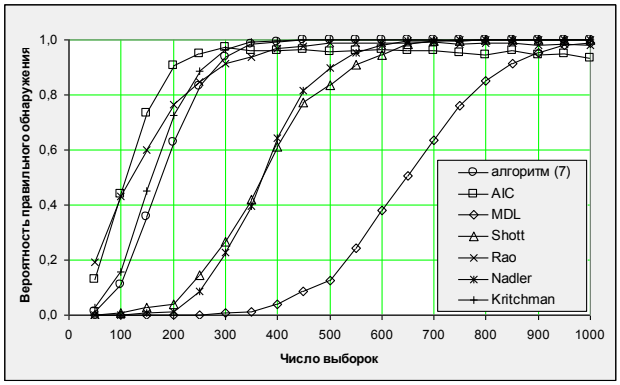


Рис. 4. Зависимости вероятности правильного обнаружения от числа выборок для *M*=1.

Библиографический список

1. Wax M., Kailath T. Detection of signals by information theoretic criteria // IEEE Trans. Acoust., Speech, and Sig. Proc. 1985. V.ASSP-33. N.2. P.387–392.

2. Nadakuditi R.R., Edelman A. Sample eigenvalue based detection of

high dimensional signals in white noise using relatively few samples // IEEE Trans. Signal Process. 2008. V.56. N.7. P.2625–2638.

3. Nadler B. Nonparametric detection of signals by information theoretic criteria: performance analysis and an improved estimator // IEEE Trans. Signal process. 2010. V.58. N.5. P.2746.

4. Schott J. A high-dimensional test for the equality of the smallest eigenvalues of a covariance matrix // J. Mult. Anal. 2006. V.97. N.4. P.827–843.

5. Kritchman S., Nadler B. Non-parametric detection of the number of signals: hypothesis testing and random matrix theory // IEEE Trans. Signal process. 2009. V.57. N.10. P.3930.

6. Ван Трис Г. Теория обнаружения, оценок и модуляции. Т.1. М.: Советское радио, 1972.

7. Bejan A. Largest eigenvalues and sample covariance matrices. Tracy-Widom and Painleve II: computational aspects and realization in S-Plus with applications. www.cl.cam.ac.uk/~aib29/TWinSplus.pdf.

УДК 681.883.41

ИСКАЖЕНИЯ АКУСТИЧЕСКИХ ИМПУЛЬСОВ С ЛИНЕЙНОЙ ЧАСТОТНОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ И ОГИБАЮЩЕЙ ТИПА ПРИПОДНЯТЫЙ КОСИНУС ПРИ ПРОХОЖДЕНИИ МОРСКОЙ СРЕДЫ

Денисов В.Е., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

В работе рассматриваются искажения акустического импульса с линейной частотной модуляцией (ЛЧМ) и огибающей типа приподнятый косинус (cos-импульс), обусловленные неравномерностью частотной характеристики затухания $\alpha(f)$ морской среды. Используя аппроксимацию $\alpha(f)$ функцией $\alpha_K\ f\ = B_K + D_K f^2$, где f - частота в килогерцах, из работы [1], представим комплексный коэффициент передачи морской среды $H(j\omega)$ в форме, удобной для аналитических исследований

$$H\ j\omega\ = H\ 0\ \exp(-a\omega^2 - j\omega t_3), \qquad (1)$$

где ω - угловая частота, рад/с;

$$H\ 0\ = \exp\ -0{,}115 B_K R\ ;\ a = 0{,}115(2\pi)^{-2}10^{-6}D_K R, \qquad (2)$$

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

Для аппроксимации 1: $B_1 = 0$; $D_1 = 0{,}036/\ \overline{f_0}$; для аппроксимации 8: $B_8 = 1{,}9 \cdot 10^{-3} {f_B}^{1{,}5}$, $D_8 = 0{,}036/\ \overline{f_B}$; где f_0, f_B несущая частота и верхняя

частота рабочего диапазона в килогерцах соответственно.

Частотной характеристике (1) соответствует импульсная характеристика вида

$$h\ t\ = (2\ \overline{\pi a})^{-1} H\ 0\ \exp -\ t - t_3\ ^2/(4a)\ , \qquad (3)$$

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

Найдем реакцию $S_2(t)$ морской среды на cos-импульс ЛЧМ

$$S_1\ t\ = 0{,}5\Pi_1(t)(1 - \cos\ \nu t\ )\cos(\omega_0 t + b_1 t^2 + \varphi_0), \qquad (4)$$

где $\Pi_1\ t\ = 1\ t\ - 1(t - T_1)$, T_1- длительность импульса, $b_1 = (\pi\Delta F)/T_1$; ΔF – девиация частоты, Гц; $\omega_0 = 2\pi f_0$- значение частоты при $t = 0$; $\nu = 2\pi/T_1$.

Сигнал $S_1\ t$ можно представить в виде линейной комбинации трех прямоугольных импульсов с ЛЧМ с разными начальными частотами

$$S_1\ t\ = 0{,}5S_{1\Pi}\ t, \omega_0\ - 0{,}25S_{1\Pi}\ t, \omega_2\ - 0{,}25S_{1\Pi}\ t, \omega_1\ , \qquad (5)$$

где $S_{1\Pi}\ t, \omega_K\ = \Pi_1(t)\cos(\omega_K t + b_1 t^2 + \varphi_0),\ \omega_1 = \omega_0 - \nu, \omega_2 = \omega_0 + \nu.$

Таким образом, задача определения реакции морской среды на cos-импульс с ЛЧМ сводится к задаче определения реакции на прямоугольный импульс с ЛЧМ, решенной в [2]. Используя результаты из [2], сигнал $S_2\ t$ можно представить в следующем виде

$$S_2\ t\ = S_{2B}\ t\ + S_{2C}\ t\ , \qquad (6)$$

где $S_{2B}\ t$ -колебательная, а $S_{2C}\ t$ -апериодическая составляющие, определяемые по формулам

$$S_{2B}\ t\ =\ \ {}^{2}_{\nu=0}[0{,}5 - 0{,}75sign\ \nu\ ]S_{21}\ t, \omega_\nu\ , \qquad (7)$$

$$S_{2C}\ t\ = S_{2C1}\ t\ + S_{2C2}\ t\ , \qquad (8)$$

$$S_{2C1}\ t\ =\ \ {}^{2}_{\nu=0}[0{,}5 - 0{,}75sign\ \nu\ ]S_{22}\ t, \omega_\nu\ , \qquad (9)$$

$$S_{2C2}\ t\ =\ \ {}^{2}_{\nu=0}[0{,}5 - 0{,}75sign\ \nu\ ]S_{23}\ t, \omega_\nu \qquad (10)$$

Сигналы $S_{21}\ t, \omega_K\ , S_{22}\ t, \omega_K\ , S_{23}\ t, \omega_K$ представляют собой составляющие реакции $S_{2\Pi}\ t, \omega_K$ на прямоугольный импульс с ЛЧМ $S_{1\Pi}\ t, \omega_K$ с начальной частотой ω_K:

$$S_{2\Pi}\ t, \omega_K\ = S_{21}\ t, \omega_K\ + S_{22}\ t, \omega_K\ + S_{23}\ t, \omega_K\ . \qquad (11)$$

Используя результаты работы [2], можно получить следующие выражения для этих составляющих

$$S_{21}\ t, \omega_K\ = A_2\ t, \omega_K\ \Pi_2(t, \omega_K)\cos[\Omega(\omega_K)\vartheta + b_2\vartheta^2 + \varphi_2(\omega_K)], \qquad (12)$$

где

$$A_2\ t, \omega_K\ = H\ 0\ n^{-1}\exp[-4ab_1\ \Omega\ \omega_K\ \vartheta + b_2\vartheta^2\ -\ a\omega_K\Omega(\omega_K)]; \qquad (13)$$

$$n = (1 + 16a^2 b_1^2)^{1/4}; \vartheta = t - t_3;\ \ \Omega(\omega_K) = \omega_K n^{-4};\ \ b_2 = b_1 n^{-4};$$

$$\Pi_2\ t, \omega_K\ = 1\ t - t_1(\omega_K)\ - 1(t - t_2(\omega_K));$$

$$t_2(\omega_K) = t_1(\omega_K) + n^2 T_1;$$

$$t_1(\omega_K) = t_3 + (8a^2 b_1 \omega_K)/(1 + \sqrt{1 + 16a^2 b_1^2});$$

$$\varphi_2(\omega_K) = \varphi_0 - \Delta - 4a^2 b_2 \omega_K^2; \quad \Delta = 0{,}5 arctg 4ab_1;$$

$$S_{22}\ t, \omega_K\ = H\ 0\ \exp\ N(\omega_K)\ \ B_1(\omega_K)\ n_{1C}(\omega_K) - n_{1S}(\omega_K)\ \ /\ 2n\ , \quad (14)$$

$$S_{23}\ t, \omega_K\ = -H\ 0\ \exp\ N(\omega_K)\ \ B_2(\omega_K)\ n_{2C}(\omega_K) - n_{2S}(\omega_K)\ \ /\ 2n\ , \quad (15)$$

где $N(\omega_K) = N_1(\omega_K) + N_2(\omega_K)$; $N_1\ \omega_K\ = a\omega_K^2\ cos2\Delta - n^{-2}\ /n^2$;

$$N_2(\omega_K) = N_{21}(\omega_K) + N_{22}; \quad N_{21}(\omega_K) = \omega_K \vartheta\ sin2\Delta - 4ab_1 n^{-2}\ /n^2;$$

$$N_{22} = \vartheta^2(\ 2a\ ^{-1} sin^2\Delta - 4ab_1^2 n^{-2}) n^{-2};$$

$$n_{1C}(\omega_K) = U(x_1, y_1) cosM(\omega_K); \quad n_{1S}(\omega_K) = V(x_1, y_1) sinM(\omega_K);$$

$$n_{2C}(\omega_K) = U(x_2, y_2)\cos[M(\omega_K) + \omega_K T_1 + \ nT_1\ ^2\ 4a\ ^{-1} sin2\Delta];$$

$$n_{2S}(\omega_K) = V(x_2, y_2)\sin[M(\omega_K) + \omega_K T_1 + \ nT_1\ ^2\ 4a\ ^{-1} sin2\Delta];$$

$$B_1 = \exp[-\vartheta^2 (4an^2)^{-1}];\ M(\omega_K) = M_1(\omega_K) + M_2(\omega_K);$$

$$B_2 = \exp[-\ \vartheta - n^2 T_1\ ^2\ 4an^2\ ^{-1} + +\ nT_1\ ^2\ 2a\ ^{-1} sin\Delta];$$

$$M_1(\omega_K) = \varphi_0 + \Delta + a\omega_K^2 n^{-2}(sin2\Delta - 4ab_1 n^{-2});$$

$$M_2(\omega_K) = \omega_K \vartheta n^{-2}\ n^{-2} - cos2\Delta\ + \vartheta^2 n^{-2}[b_1 n^{-2} - (4a)^{-1} sin2\Delta];$$

$$x_1(\omega_K) = n^{-1} a^{0,5} \omega_K cos\Delta + \vartheta(2na^{0,5})^{-1} sin\Delta;$$

$$y_1(\omega_K) = n^{-1} a^{0,5} \omega_K sin\Delta - \vartheta(2na^{0,5})^{-1} cos\Delta;$$

$$x_2(\omega_K) = n^{-1} a^{0,5} \omega_K cos\Delta + (\vartheta + n^2 T_1)(2na^{0,5})^{-1} sin\Delta;$$

$$y_2(\omega_K) = n^{-1} a^{0,5} \omega_K sin\Delta - (\vartheta - n^2 T_1)(2na^{0,5})^{-1} cos\Delta;$$

$$U\ x_\nu, y_\nu\ = ReW(z_\nu);\ V\ x_\nu, y_\nu\ = ImW(z_\nu);\ z_\nu = x_\nu + jy_\nu.$$

W(z)- интеграл вероятности от комплексного аргумента, табулированный в [3].

Выражение (7) можно преобразовать также к виду

$$S_{2B}\ t\ = A_{2C}\ t\ cos(\psi_{2C}(t)), \quad (14)$$

где $A_{2C}\ t$ -огибающая сигнала, а $\psi_{2C}(t)$-его фаза, определяемые формулами

$$A_{2C}\ t\ = \sqrt{A_{2C1} + A_{2C2}}\ , \quad (15)$$

$$A_{2C1} = B_0{}^2 + B_1^2 + B_2^2 - 2B_0 B_1 \cos\ \beta_0 - \beta_1\ , \quad (16)$$

$$A_{2C2} = +2B_1 B_2 \cos\ \beta_1 - \beta_2\ - 2B_0 B_2 \cos\ \beta_0 - \beta_2\ , \quad (17)$$

$$tg(\psi_{2C}(t)) = \frac{B_0 sin\beta_0 - B_1 sin\beta_1 - B_2 sin\beta_2}{B_0 cos\beta_0 - B_1 cos\beta_1 - B_2 cos\beta_2} \quad (18)$$

где

$$B_0 = 0{,}5A_2\ t,\omega_0\ \Pi_2(t,\omega_0),\ B_1 = 0{,}25A_2\ t,\omega_1\ \Pi_2(t,\omega_1),$$

$$B_2 = 0{,}25A_2\ t,\omega_2\ \Pi_2(t,\omega_2),\ \beta_K = \Omega\ \omega_K\ t + b_2 t^2 + \varphi_2(\omega_K),$$

Текущей фазе $\psi_{2S}(t)$ можно сопоставить мгновенную частоту $f_{2C}(t)$:

$$f_{2C}\ t\ =\ 2\pi\ ^{-1} d\psi_{2C}(t)/dt\ .$$

По приведенным выше формулам для аппроксимации 8 [1] были рассчитаны графики зависимостей $S_{2C}\ t$, $S_2\ t$, изображенные на рис 1,2. На этих же рисунках для сравнения приведены аналогичные графики для sin- импульса с ЛЧМ. Все расчеты проводились при условиях: f_0=30 кГц, $f_B = 80$ кГц, φ_0=0, R=2 км, t в миллисекундах.

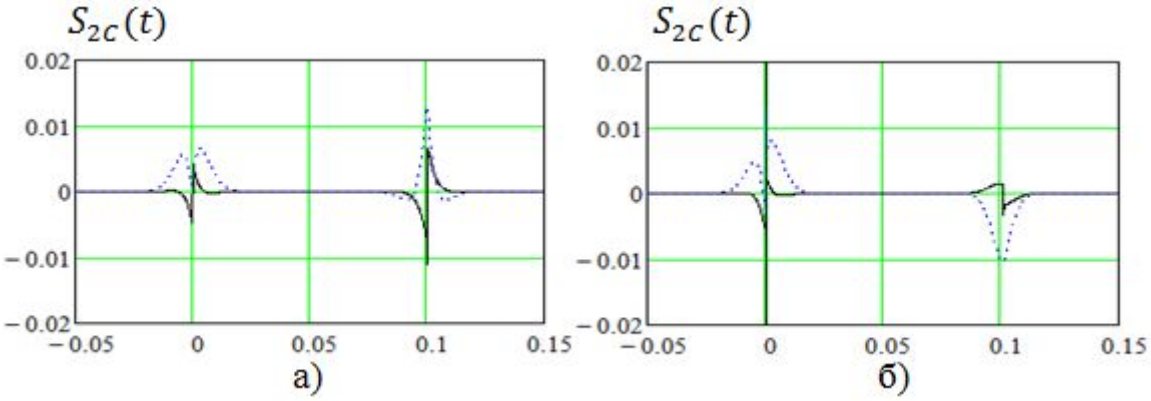


Рис.1. Зависимость $S_{2C}\ t$ при T_1=0,1 мс:—— cos-импульс,
- - - sin- импульс; а)- ΔF=10 кГц; б)- ΔF=40 кГц.

Как видно из рис 1, для cos-импульса апериодическая составляющая заметно меньше и уже, чем для sin- импульса. Поэтому эффективные длительности предвестника и следа для cos-импульса меньше, чем для sin-импульса.

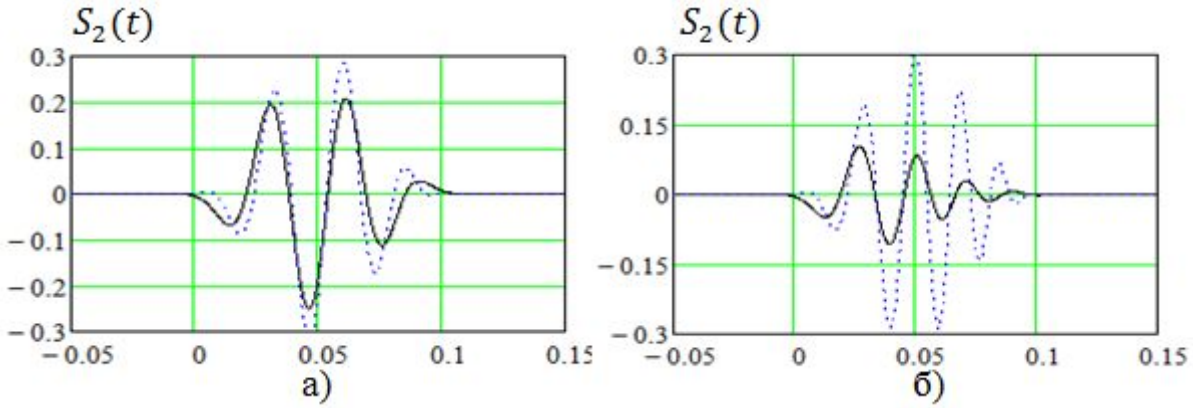


Рис.2. Зависимость $S_2\ t$ при T_1=0,1 мс:—— cos-импульс,
- - - в среде без искажений; а)- ΔF=10 кГц; б)- ΔF=40 кГц.

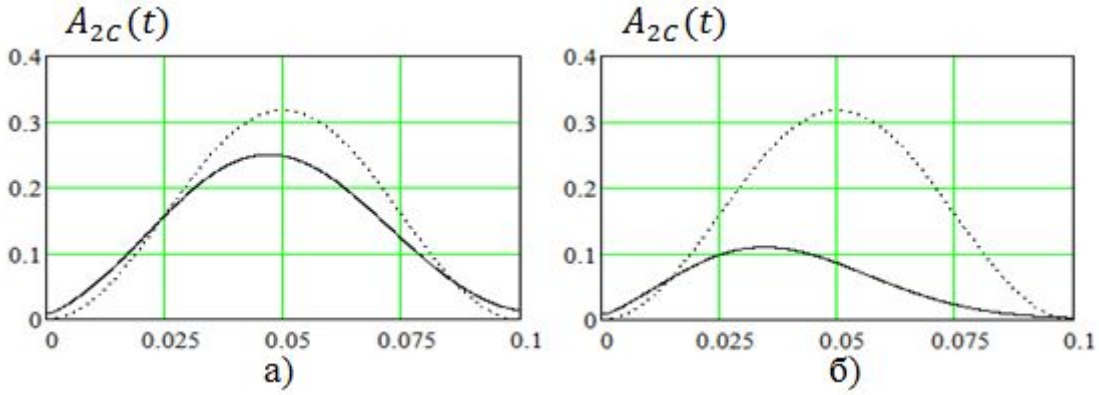


Рис.3. Зависимость $A_{2S}\ t$ при T_1=0,1 мс:—— cos-импульс, - - - среда без искажений; а)- ΔF=10 кГц; б)- ΔF=40 кГц.

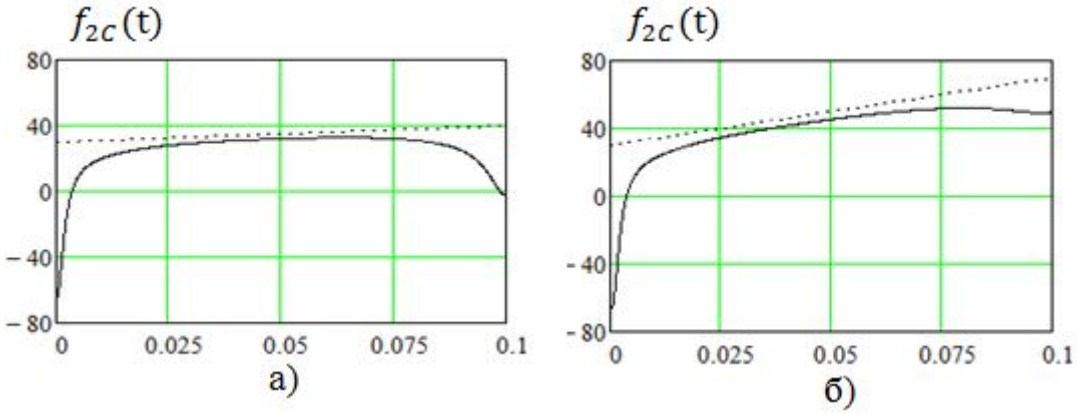


Рис.4. Зависимость $f_{2C}\ t$ при T_1=0,1 мс:—— cos-импульс, - - - среда без искажений; а)- ΔF=10 кГц; б)- ΔF=40 кГц.

На рис.3,4 приведены графики зависимостей огибающей $A_{2C}\ t$ и мгновенной частоты $f_{2C}\ t$.

Как следует из рис.3, с ростом ΔF искажения огибающей увеличиваются. Искажения огибающей у cos-импульса меньше чем у sin-импульса, а краевые искажения мгновенной частоты больше. Зависимость мгновенной частоты от времени (рис.4) отличается от линейной и мгновенная частота выходного сигнала всегда меньше частоты входного сигнала. Искажения уменьшаются с увеличением длительности T_1 и уменьшением дальности R. Краевые искажения мгновенной частоты уменьшаются с ростом частоты f_0, но при этом увеличиваются искажения огибающей.

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. Искажения акустических прямоугольных импульсов с линейной частотной модуляцией при прохождении морской среды. // 63-я Научно-техническая конференция МИРЭА: Сб. тр. – М.: МИРЭА, 2014.-Ч.3.Технические науки.

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

УДК 004.272.4

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОГРАММИРУЕМОГО ГРАФИЧЕСКОГО ПРОЦЕССОРА В ЗАДАЧАХ СТАТИСТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Бартенев В.Г., Битюков В.К., Карих А.А.,
МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Рассмотрен вопрос использования высокопроизводительного графического процессора для статистического моделирования методом Монте-Карло при большом числе испытаний. Применена известная методика расчета числа «пи» [1] несколькими способами формирования случайных чисел. Получены параметры производительности - время вычисления числа «пи», и точность его вычисления как для графического процессора фирмы Nvidia, так и для четырех ядерного процессора фирмы Intel при одном и том же числе испытаний.

Значение числа π известно с точностью до 500 миллиардов знаков, его первые цифры - 3.1415926535. В нем нет ни одной циклической последовательности и никогда не будет, сколько бы знаков не вычислили. Числом π повсеместно пользуются при вычислениях, и получение этого числа представляет интерес. Тем более, что при этих вычислениях можно качественно оценить параметры вычислителя, также как, например, при вычислении операции умножения с накоплением, при операции БПФ. Существует большое количество алгоритмов вычисления числа π. В [2] были предложены два алгоритма. Один алгоритм на основе датчика случайных чисел *rand* с произвольной точностью методом Монте-Карло. Второй на основе рекуррентного датчика, на основе свойства дробной части непрерывной дроби, значение которое имеет равновероятное распределение от 0 до 1. Предлагается их использовать, получить результат и определить их эффективность при реализации на новой и малоосвоенной элементной базе такой, как графический процессор (GPU). Основная отличительная особенность этих алгоритмов, это формирования массивов чисел, запись в ОЗУ GPU, операции с ними, запись результата из ОЗУ GPU в универсальный процессор (CPU), выдача результата на консоль.

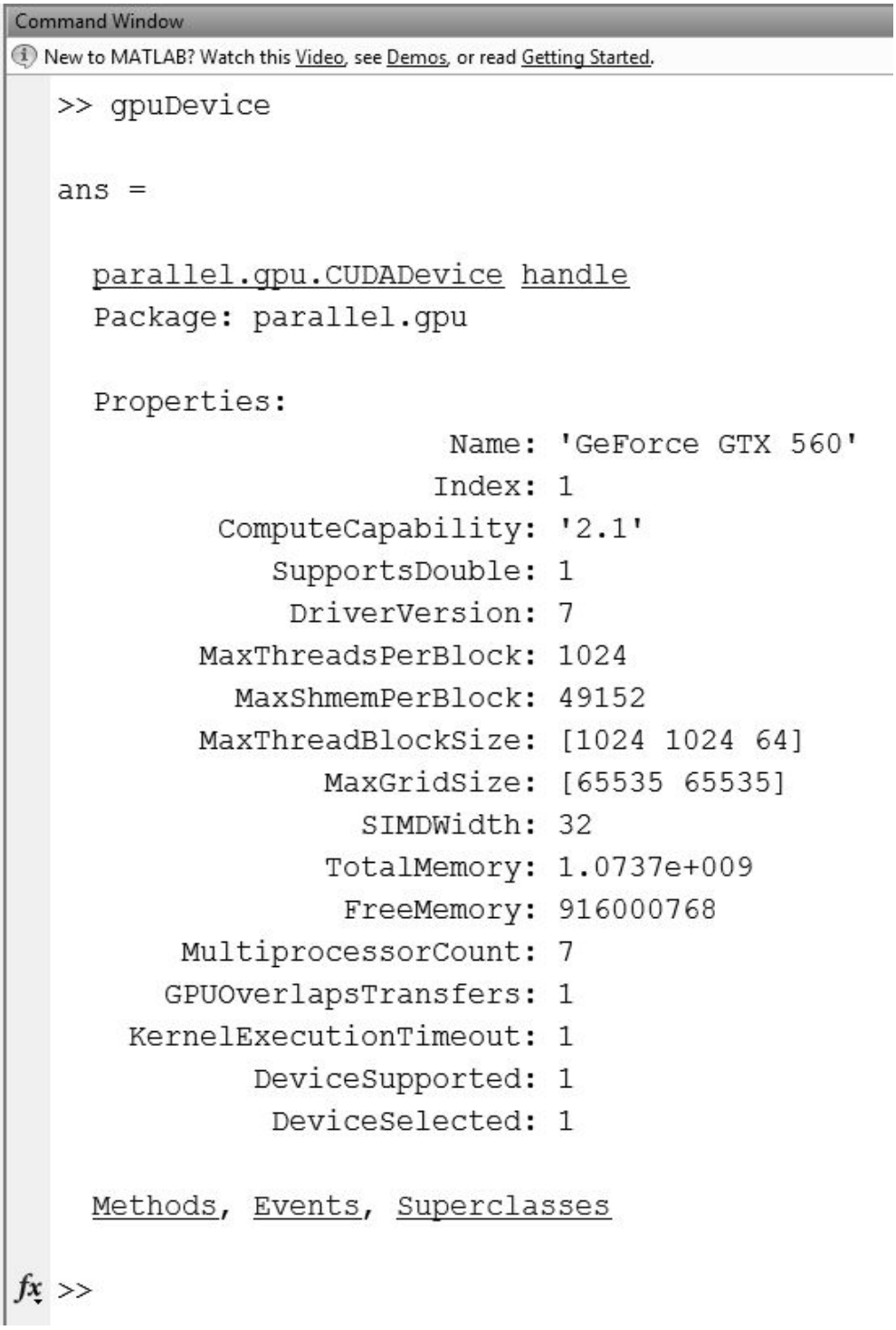


Рис.1. Параметры GPU получены из Матлаба

Написания программ и вычисления были проведены в среде моделирования Matlab 2010b. Применен графический процессор GF114 на основе графической платы GeForce GTX560 фирмы Nvidia (www.nvidia.ru) (384 скалярных АЛУ с частотой ядра 1,6 ГГц; видеопамять GDDR5 объемом 1024 МБ с частотой 4 ГГц; производительность FP32: 1262,6 Гфлорс). Па-

раметры GPU получены из Матлаба командой gpuDevice [3] и показаны на рис.1. CPU - Intel Core i5 2400 (4 ядра, с частотой ядра 3,1 ГГц и производительностью FP32 - 49,6 Гфлорс).

Для увеличения точности вычислений и максимальной загрузки процессора число испытаний (циклов) взято $N=1\times10^5\ldots3\times10^6$. При реализации первого алгоритма (рис. 2) на CPU получено, среднее значения числа $\pi=3{,}14\ldots$ при $N=1\times10^5$ и точность составляет 5 знаков после запятой, при $N=3\times10^6$ среднее значения числа $\pi=3{,}14\ldots$ и точность составляет 16 знаков после запятой. Загрузка четырех ядер составляет 20…25 %.

```
%Формирование независимых выборок x и y с равномерным
%распределением в интервале -1,1 с помощью датчика rand;
S=0;
N=3000000; %N - количество испытаний
n=1; %n - счётчик числа статистических испытаний
tic
for n=1:N
x=2*rand(1,1)-1; %x - 1-е случайное число
y=2*rand(1,1)-1; %y - 2-е случайное число
Z=x^2+y^2;
if (Z) <1 %Проверка условия попадания в окружность
S=S+1; %Удачная попытка
end;
end;
p=4*S/N; %рассчитывается пи;
toc
fprintf( 'p=%.20f\r\n', p)
close all
```

Рис. 2. Листинг первого алгоритма вычисление числа π на CPU

GPU приспособлен для обработки изображений, т.е. обработки массивов данных, векторно-матричным операциям, т.е. вычислений больших массивов однотипных данных. GPU присуще следующее правило: чем больше объем задачи, тем меньше времени будет она выполняться. Выполнение последовательных вычислений на GPU не целесообразно. Поэтому предложенные алгоритмы в [2] были изменены для их эффективной реализации с применением GPU. Листинг первого ал-

горитма представлен на рис. 3, из которого видно, что вычисление построено на матричных операциях. На GPU было выполнено поэлементные операции сложения одномерных массивов. Время вычисления этой операции приблизительно одинаково, не зависит от объема массива (в заданном диапазоне испытаний) и составляет ≈17 мс. Это связано с тем, что при увеличении объема массива подключаются все больше и больше вычислительных блоков.

```
%Формирование независимых выборок x и y с равномерным
%распределением в интервале -1,1 с помощью датчика rand;
N=3000000; %N - количество испытаний
g=gpuDevice(1);
reset(g);%очиска памяти GPU
tic
x=gpuArray(2*rand(1,N, 'double')-1);
                %загрузка массива случайных чисел x в GPU
X=x.^2;
y=gpuArray(2*rand(1,N, 'double')-1);
                 %загрузка массива случайных чисел y в GPU
Y=y.^2;
Z=X+Y;
p=gather(Z);%выгрузка массива из GPU
f=find(p<1);%формирование массива из элементов <1
S=length(f); %определение размера массива
p=4*S/N; %рассчитывается пи;
toc
fprintf( 'p=%.10f\r\n', p)
close all
```

Рис. 3. Листинг первого алгоритма вычисление числа π на GPU.

При применении матричных поэлементных операций, такие как возведения в квадрат, сложение вектора и матрицы и т.д. увеличивает время вычислений на 5…10 %. При $N=1\times10^5$ среднее значение числа π=3,14032, имеем точность 5 знаков после запятой, при $N=3\times10^6$ среднее значения числа π=3,141786.., и точность составляет 16 знаков после запятой. График времени вычислений на CPU и GPU приведено на рис. 4. Из графика видно, что отличие во времени составляет более чем 100 раз.

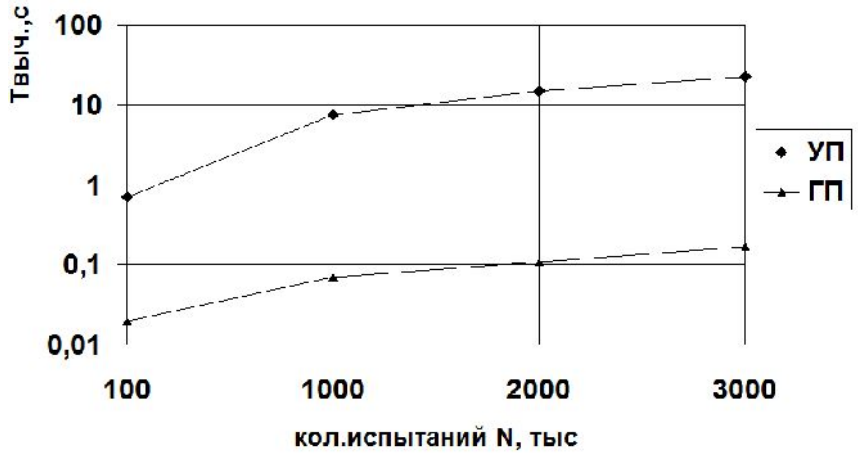


Рис. 4. Зависимость времени вычислений от N

Листинги второго алгоритма представлены на рис. 5 и рис. 6. Из рис. 6 видно, что расчет также как и в предыдущем случае построен на матричных операциях. Надо заметить, что время вычисления алгоритма на рис. 6. больше, чем алгоритма рис. 5, за счет циклического формирования матрицы из переменных *x* и *y*. При данной постановке задачи алгоритм плохо подается распараллеливанию. При $N=1\times10^5$ среднее значения числа π=3,14.., и точность составляет 16 знаков после запятой.

```
%Формирование независимых выборок x и y с равномерным
%распределением в интервале -1,1 с помощью рекуррентного
%датчика;
v=0.27;
S=0;
N=100000; %N - количество испытаний
n=1; %n - счётчик числа статистических испытаний
tic
for n=1:N
v=43*v-floor(43*v);
x=2*v-1;%x1 - 1-е случайное число
v=43*v-floor(43*v);
y=2*v-1;%x2 - 2-е случайное число
if (x^2+y^2) <1 %Проверка условия попадания в окружность
S=S+1; %Удачная попытка
end;
end;
p=4*S/N; %рассчитывается пи;
toc
fprintf( 'p=%.20f\r\n', p)
```

Рис. 5. Листинг второго алгоритма вычисление числа π на CPU

```
%Формирование независимых выборок x и y с равномерным
%распределением в интервале -1,1 с помощью рекуррентного
%датчика;
v=0.27;
z=[0];
k=[0];
N=100000; %N - количество испытаний
g=gpuDevice(1);
reset(g);%N - очиска памяти GPU
tic
for n=1:N
v=43*v-floor(43*v);
x=(2*v-1)^2;%x1 - 1-е случайное число
R=[z x]; %формирование массива R
z=R;
v=43*v-floor(43*v);
y=(2*v-1)^2;%x2 - 2-е случайное число
D=[k y]; %формирование массива D
k=D;
end;
R=gpuArray(R);%передача массива в GPU
D=gpuArray(D);
g=D+R;
g=gather(g);%выгрузка массива из GPU
t=g(2:N+1);
l=find(t<1);
S = length(l);%считается количество элементов
p=4*S/N; %рассчитывается пи;
toc
fprintf( 'p=%.20f\r\n', p)
```

Рис. 6. Листинг второго алгоритма вычисление числа π на GPU.

Таким образом, использование графического процессора в задачах статистического моделирования на несколько порядков сокращает время моделирования при одном и том же числе испытаний по сравнению с многоядерными процессорами, широко используемыми для этих целей.

The efficiency evaluation of using GPU processing in statistical simulations

Bartenev V.G., Bitukov V.K., Karikn A.A.,

The article describes several methods of statistical simulation of PI using the GPU and measuring qualitative parameters, such as time of calculation of number «pi» and its accuracy. It was shown that the efficiency of GPU significantly greater than multi-core processor.

Keywords: number "pi", GPU, computing time

Библиографический список

1.Бартенев В.Г., Бартенев М.В. Программируем ЦПОС Blackfin // Современная электроника. – 2008. – №6. – С.76-79.

2.Бартенев В.Г, Бартенева А. Модельно-ориентированное проектирование генератора случайных чисел // Современная электроника. – 2014. – №2. – С.64-67.

3.Parallel Computing Toolbox. User's Guide//The MathWorks, Ins. 2015. – 656 p.

УДК 621.372.8

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЩЕЛЕВЫХ ЛИНИЙ В МНОГОСЛОЙНОЙ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СРЕДЕ

Коваленко А.Н., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Полосковые линии различного типа широко используются в качестве элементов интегральных схем (ИС) СВЧ. Тесное расположение отдельных элементов ведёт к тому, что межэлементная электромагнитная связь начинает играть важную роль в функционировании схемы. Помимо проблемы связи, современная технология монолитных ИС СВЧ включает изготовление многоуровневых планарных структур. Использование покрывающих и подстилающих слоёв и слоёв диэлектрика между металлическими элементами приводит к необходимости анализа элементов с учётом многослойности диэлектрической среды. Из выше сказанного следует актуальность разработки эффективных методов анализа многослойных планарных структур. Решение этой задачи позволяет также построить математические модели различных полосковых линий (микрополосковых, щелевых, высокодобротных и др.) и СВЧ элементов на их основе. В [1] предложен эффективный

численно-аналитический метод расчета собственных волн экранированной микрополосковой линии. В основу метода положен проекционный метод решения интегральных уравнений специального вида с использованием «чебышевского» базиса, учитывающего в явном виде особенности решения. Метод позволяет получить численные результаты с высокой точностью при небольшом числе базисных функций [2]. В [3] этот метод обобщён на многослойные полосковые направляющие структуры. В настоящей работе на основе этого метода разработана алгебраическая модель, позволяющая эффективно решать не только задачи анализа, но и задачи синтеза связанных щелевых линий в многослойной диэлектрической среде

Рассматривается многослойная направляющая структура в прямоугольном экране с размерами $2a, b$. Поперечное сечение структуры показано на рис. 1. Область ниже полосковых проводников (y c) обозначена как 1, область выше полосковых проводников — 2.

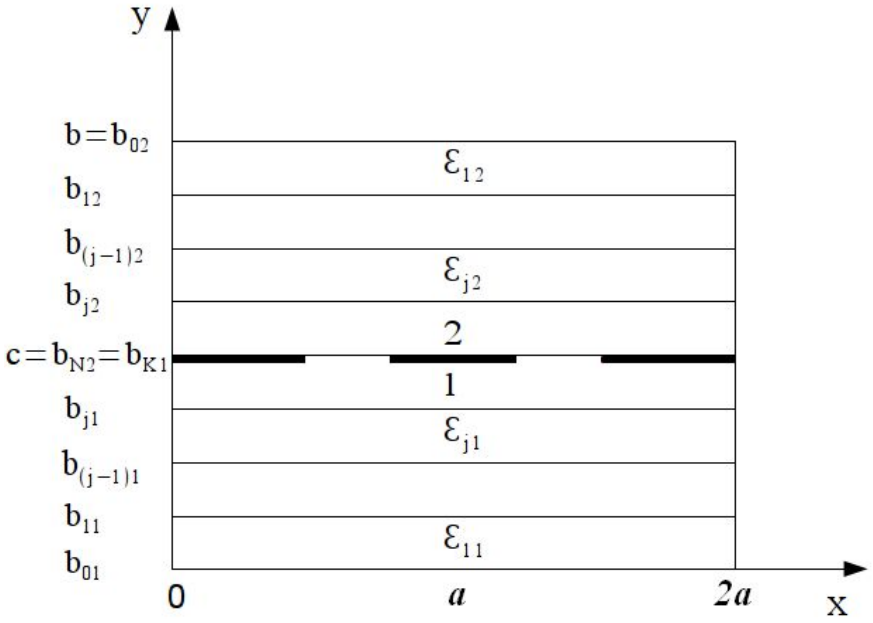


Рис.1.

В области 1 - K слоев, в области 2 - N слоев, $_{j1,2}$ - относительная диэлектрическая проницаемость среды в j-том слое областей 1, 2.

При одинаковой ширине щелей, расположенных на одинаковых расстояниях от боковых стенок экрана, задача о собственных волнах связанных щелевых линий сводится к двум задачам о собственных волнах одиночной линии: 1) с магнитной стенкой в плоскости симметрии x a; 2) с электрической стенкой в этой плоскости. Из первой задачи определяются собственные волны чётного типа (синфазные волны), из второй – нечётного типа (противофазные волны). Для волн чётного типа в плоскости симмет-

рии равна нулю тангенциальная составляющая напряжённости магнитного поля. Для волн нечётного типа в этой плоскости равна нулю тангенциальная составляющая напряжённости электрического поля.

Собственные волны представляются в виде рядов Фурье, коэффициенты разложений которых выражаются через тангенциальную составляющую напряжённости электрического поля в щели. Условие непрерывности тангенциальной составляющей напряжённости магнитного поля в щели приводит к следующей системе интегральных уравнений относительно поперечной $E_x^{щ}$ и продольной $E_z^{щ}$ составляющих напряжённости электрического поля в щели:

$$\begin{cases} \frac{m}{2}\left[\left(\Gamma^2 / G_m^M \quad {}^2_m / G_m^Э\right) I_{xm} \quad {}_m\left(1/G_m^Э \quad 1/G_m^M\right) I_{zm}\right]\cos {}_m x \quad 0, \\ \frac{2}{2}\left[{}_m\left(1/G_m^Э \quad 1/G_m^M\right) I_{xm} \quad \left(\frac{{}^2_m}{\Gamma^2}/G_m^M \quad 1/G_m^Э\right) I_{zm}\right]\sin {}_m x \quad 0, \end{cases} \qquad (1)$$

$$I_{zm} = \int_{x_0 \quad W/2}^{x_0 \quad W/2} i\Gamma E_z^{щ} \, x' \, \sin\alpha_m x' dx', \qquad I_{xm} = \int_{x_0 \quad W/2}^{x_0 \quad W/2} E_x^{щ} \, x' \, \cos\alpha_m x' dx',$$

$$G_m^{Э,M} = 1/Z_{mK1}^{Э,M} + 1/Z_{mN1}^{Э,M} \quad {}^{1},$$

$$Z_{mj1,2}^{Э,M} = \frac{Z_{m \; j \; 1\,1,2}^{Э,M} + W_{mj1,2}^{Э,M} \mathrm{tg}\beta_{mj1,2} \left| b_{j1,2} \quad b_{(j \quad 1),1,2} \right|}{1 \quad Z_{m \; j \; 1\,1,2}^{Э,M} / W_{mj1,2}^{Э,M} \quad \mathrm{tg}\beta_{mj1,2} \left| b_{j1,2} \quad b_{(j \quad 1),1,2} \right|},$$

$$W_{mj1,2}^{Э} = \beta_{mj1,2} / \varepsilon_{j12}, \qquad W_{mj1,2}^{M} = 1/\beta_{mj1,2}, \qquad Z_{m01,2}^{Э,M} \quad 0,$$

$$\beta_{mj1,2} = \sqrt{\varepsilon_{j1,2} \quad {}^2_m}, \quad {}^2_m = \alpha_m^2 + \Gamma^2,$$

$_m$ 1, если m 0 / 2, если m 0, $_m$ $-m$ / a - для собственных волн нечётного типа,

$_m$ 0, если m 0 / 2, если m 0, $_m$ $-(m \quad \frac{1}{2})$ / a - для собственных волн чётного типа,

$|x \quad x_0| \quad W/2$, W - ширина щели, x_0 - расстояние до центра проводника, Γ - нормированная (к волновому числу $k_0 = \omega\sqrt{\varepsilon_0\mu_0}$) постоянная распространения.

В приведенных и последующих выражениях используются безразмерные координаты и элементы длины, переход к которым осуществляется путем их умножения на волновое число свободного пространства k_0.

Представим искомые функции $E_x^{щ}$ и $E_z^{щ}(x)$ в виде разложений по взвешенным полиномам Чебышева первого и второго рода, учитывающих в явном виде краевые особенности решения:

$$E_x^{щ}(x) \quad (1 \quad x)^{\frac{1}{2}} \quad a_l T_l(x), \quad i \quad E_z^{щ}(x) \quad \frac{W}{2} \quad (1 \quad x)^{\frac{1}{2}} \quad b_l U_l(x) \quad , \qquad (2)$$

$$l \quad 0 \qquad\qquad l \quad 1$$

$$x \quad x \quad x_0 \; / \; W/2 \;, |x| \quad 1,$$

Решая систему интегральных уравнений (1) проекционным методом, получим бесконечную однородную систему линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) относительно коэффициентов разложения a_l и b_l. Из условия равенства нулю её определителя получим дисперсионное уравнение $D(\Gamma^2) \quad 0$, из которого численными методами определяются постоянные распространения собственных волн Γ. При этом выражения для матричных коэффициентов, определяемые через $G_m^{Э}$ и G_m^{M}, не зависят от числа диэлектрических слоёв и аналогичны приведённым в [1].

Следует отметить, что бесконечные ряды для матричных коэффициентов сходятся очень медленно, и непосредственное их вычисление требует большого времени счёта и может приводить к неустойчивым результатам даже при учёте весьма большого числа членов в этих рядах. При улучшении сходимости рядов способом, предложенным в [1], необходимо решить проблему вычисления с высокой точностью функций $S_{ql}(\quad , \quad)$, $P_{ql}(\quad , \quad)$, $Q_{ql}(\quad , \quad)$, определяемых следующими выражениями:

$$S_{ql}(\quad , \quad) \quad \frac{1}{m \quad 1} J_{m \quad (2q)(2l)}(m \quad) \cos^2 m \quad , \qquad (3)$$

$$P_{ql}(\quad , \quad) \quad \frac{1}{m \quad 1} J_{m \quad (2q \quad 1)(2l \quad 1)}(m \quad) \sin^2 m \quad , \qquad (4)$$

$$Q_{ql}(\quad , \quad) \quad \frac{1}{m \quad 1} J_{m \quad (2q)(2l \quad 1)}(m \quad) \sin m \quad \cos m \quad , \qquad (5)$$

$J_{ql}(x)$ $J_q(x)J_l(x)$, J (x) - функция Бесселя, $\frac{W}{2}\frac{}{a}$, $1\ \frac{S}{W}$, W - ширина щелей, S - расстояние между щелями.

Проблема вычисления функций $S_{ql}(\ ,\ ), P_{ql}(\ ,\ ), Q_{ql}(\ ,\ )$ решается путём математических преобразований выражений (3)-(5), аналогичных приведённым в [1]. Используя интегральные представления для функций Бесселя и их произведений, можно получить следующие представления для этих функций:

$$P_{ql}(\ ,\ )\ \ R_{(2q\ 1)(2l\ 1)}(\alpha)\ \ \frac{1}{2}R_{(2q\ 1)(2l\ )}(2\alpha)\ \ F_{(2q\ 1)(2l\ 1)}(\alpha,\ ),$$

$$S_{ql}(\ ,\ )\ \ \frac{1}{2}R_{(2q)(2l)}(2\ )\ \ F_{(2q)(2l)}(\ ,\ ),$$

$$Q_{ql}(\ ,\ )\ \ E_{2q(2l\ 1)}(\ ,\ ),$$

где

$$R_{kn}(\ )\ \ \frac{4}{2}\int_0^{/2}\int_0^{/2}\cos[(k\ \ n)\ ]\cos[(k\ \ n)\ ]\ln\ 2\sin\frac{u}{2}\ d\ d\ , \qquad (6)$$

$$\mathrm{F}_{kn}(\alpha)\ \ \frac{4}{^2}\int_0^{/2}\int_0^{/2}\cos[(k\ \ n)\ ]\cos[(k\ \ n)\ ]\ \frac{1}{2}\ln(\sin\beta)\ \frac{1}{4}\ln\ 1\ tg^2\frac{u}{2}\Big/tg^2\beta\ \ d\ \ d\ , \qquad (7)$$

k n - чётное число;

$$E_{kn}(\alpha,\ \ )\ \ \frac{1}{^2}\int_0^{/2}\int_0^{/2}\cos[(k\ \ n)\ ]\sin[(k\ \ n)\ ]\ \ln\frac{1\ tg\frac{u}{2}\Big/tg}{1\ tg\frac{u}{2}\Big/tg}d\ \ d\ , \qquad (8)$$

k n -нечётное число, u 2 cos sin .

Разлагая в (6)-(8) логарифм и тангенс в степенные ряды и интегрируя почленно получим представления для функций $S_{ql}(\ ,\ )$, $P_{ql}(\ ,\ )$, $Q_{ql}(\ ,\ )$ в виде быстросходящихся рядов. При больших значениях q и l эти функции представляются в виде:

$$S_{ql} \quad \frac{1}{8q}\delta_{ql}, \quad P_{ql} \quad \frac{1}{4(2q \quad 1)}\delta_{ql}, \quad Q_{ql} \quad 0, \qquad (9)$$

$$_{kn} \quad \begin{cases} 1, & \text{если } k \quad n \\ 0, & \text{если } k \quad n \end{cases}.$$

Используя (9), можно получить асимптотические выражения для матричных коэффициентов СЛАУ, которые пропорциональны функциям S_{ql}; P_{ql}, Q_{ql}. Из этих выражений следует вывод о диагональном характере матрицы коэффициентов СЛАУ, быстрой сходимости разложений (2) для поля в щели по «чебышевскому» базису и возможности решения бесконечной системы уравнений методом редукции. Порядок усечёной СЛАУ $K \quad 4L \quad 1 (L \quad 0,1,2,...)$, где $2L$ - число учитываемых членов в разложениях (2) для $E_z^{щ}$ и $2L \quad 1$- для $E_x^{щ}$.

Результаты численного исследования сходимости практически не зависят от числа диэлектрических слоёв и не отличаются от результатов для связанных линий на однослойной подложке, представленных в [4]. В результате расчетов, выполненных на персональном компьютере (ПК), исследована сходимость разложений для поля в щели по взвешенным полиномам Чебышева и решен вопрос о выборе числа L, определяющего порядок СЛАУ и числа M_y, которое нужно учитывать в рядах для матричных коэффициентов после улучшения сходимости этих рядов. Для основной волны и до 10 высших волн число $L \quad 2$ в широком диапазоне изменения параметров. Число M_y выбирается как максимальное из чисел: 20, $E \ a/c$, $E \quad a/c$, где $E(x)$– целая часть числа x; $\sqrt{\ } f[ГГц]c[мм]/50$ (- диэлектрическая проницаемость подложки). При таком выборе чисел L и M_y погрешность расчета постоянных распространения и волновых сопротивлений не превышает 0.1%. При этом улучшение сходимости рядов позволяет существенно (в несколько десятков раз) сократить время счёта на ПК.

Разработанная математическая модель рассмотренной многослойной полосковой структуры основана на строгом решении граничной задачи электродинамики. Она позволяет путём компьютерного моделирования получить численные результаты с высокой точностью и с малыми вычислительными затратами. При этом алгоритмы расчета характеристик многослойных полосковых структур такие же, как и соответствующие алгоритмы для полосковых линий на однослойной подложке. Поэтому разработанные алгоритмы и реализующие их компьютерные программы для таких линий могут быть использованы, при небольшой доработке, для расчёта многослойных полосковых структур.

Библиографический список

1. Коваленко А.Н. Собственные волны микрополосковой линии // Известия вузов. Радиофизика. – 1978. – Т. 21, № 2. – С.188-194.

2. Коваленко А.Н. Анализ спектра экранированной полосковой линии // Известия вузов. Радиофизика. – 1980. – Т. 23, №11. – С. 1388-1390.

3. Коваленко А.Н. Собственные волны многослойных полосковых структур. // Известия вузов. Радиофизика. – 2012. – Т. 55, №12. – С.759-766.

4. Коваленко А.Н. Математическое моделирование полосковых линий проекционным методом // Научный вестник МИРЭА. – 2010. – №2(9). – С.8-16.

УДК 004.031.6

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ СПОСОБОВ РАЗМЕЩЕНИЯ КОНТРОЛЬНЫХ ТОЧЕК ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ВСТРОЕННОГО КОНТРОЛЯ БОРТОВОГО КОМПЛЕКСА УПРАВЛЕНИЯ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА С ПОМОЩЬЮ РЕКОНФИГУРИРУЕМОЙ СИСТЕМЫ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИКИ

Савкин Л.В.
ФГУП «НПО им. С.А. Лавочкина», г. Химки
Филиал ФГУП «НПО им. С.А. Лавочкина», г. Калуга

Введение

Организация диагностического обеспечения бортовых комплексов управления (БКУ) космических аппаратов (КА) на базе реконфигурируемых вычислительных систем (РВС) открывает широкий набор возможностей по реализации как различных методов бортового диагностирования высокоинтегрированных вычислительных подсистем БКУ, так и различных частных алгоритмов диагностирования дискретных элементов бортовой цифровой вычислительной машины (БЦВМ), что было отмечено в [4].

С этой целью исследуются оптимальные способы размещения контрольных точек (КТ) в структуре БКУ для организации его встроенного контроля за счет реконфигурируемой системы функционального контроля и диагностики (СФКД), особенности аппаратно-программного построения которой обсуждались в [5].

1. Минимизация наборов информативных контролируемых параметров БКУ КА

Задача оптимизации способов размещения КТ для организации встроенного контроля БКУ КА напрямую связана с задачей минимизации наборов информативных контролируемых параметров БКУ КА, которая определяет как возможную «глубину» поиска неисправностей и отказов при проведении многоуровневого диагностирования аппаратных и программных составляющих БКУ, так и эффективность штатного диагностического обеспечения БКУ КА в целом.

В докладе рассматривается организация встроенного контроля применительно к наиболее распространенным типам бортовых систем (комплексов) управления, разрабатываемых в МОКБ «Марс» [2]. Обобщенная структурная схема данных типов БКУ приведена на рис. 1.

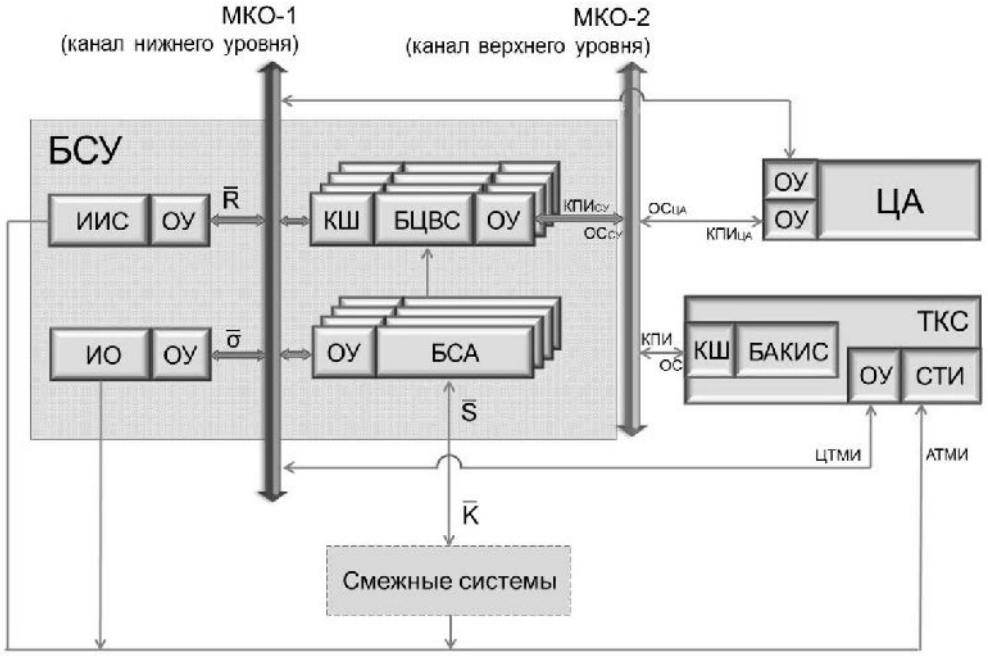


Рис. 1. Структурная схема бортовой системы управления

Данная структура построения БКУ четко прослеживается в системах управления таких КА как «Монитор-Э», «КазСат», «Экспресс-МД1», «Электро-Л» и «Спектр-Р».

Базовой для всех (БКУ), разрабатываемых МОКБ «Марс», является БЦВС «Марс-4», представляющая собой четырехгранную БЦВМ, где вычислительным и информационным ядром каждой грани служит двухпроцессорный комплекс «центральный процессор – процессор ввода-вывода» [2].

Приводится сравнительный анализ результатов моделирования одиночных и групповых сбоев БЦВМ с фиксированными КТ для нескольких типов аппаратных конфигураций БКУ. Показан общий подход к минимизации

наборов контролируемых параметров, связанный с предварительным ранжированием взаимозависимых переменных технического состояния БКУ КА.

2. Функциональный и параметрический контроль БКУ КА с помощью реконфигурируемой СФКД

Для фиксированного набора КТ в БЦВМ БКУ рассмотрен пример адаптации диагностических моделей в реконфигурируемом вычислительном поле (РВП) СФКД, заключающийся в автокоррекции конфигурационных функций, при оценке вектора технического состояния БКУ $\overline{Z}$ в режиме реального времени (рис. 2).

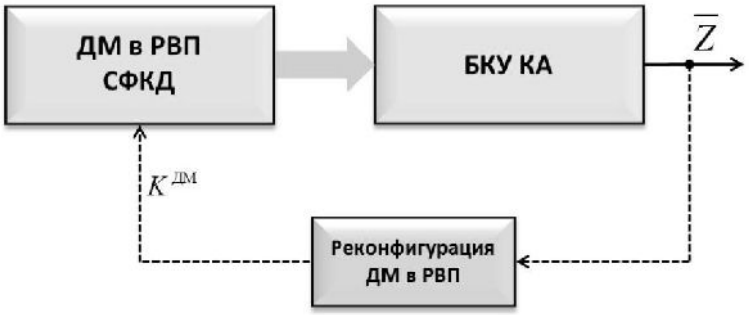


Рис. 2. Автокоррекция конфигурационных функций в СФКД

Показана возможность реализации как функционального контроля БКУ КА, так и параметрического, заключающегося в сопоставлении регистрируемых сигнатур КТ БКУ с эталонными сигнатурами, хранящимися в базе данных классификатора признаков аппаратно-программных неисправностей БКУ КА.

Обработка контрольно-диагностической информации при организации параметрического контроля БКУ осуществляется на базе выделенных фрагментов РВП СФКД в соответствии с рис. 3.

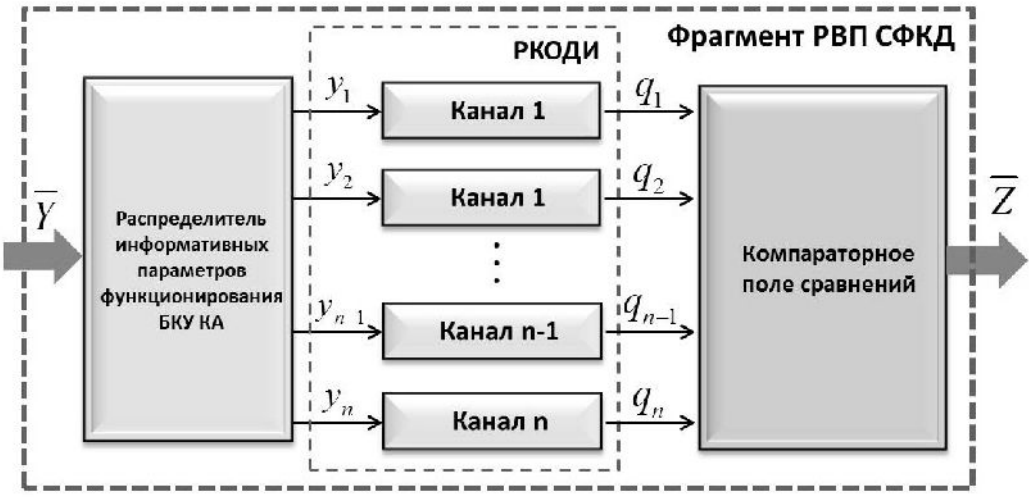


Рис. 3. Обработка контрольно-диагностической информации в выделенных фрагментах РВП СФКД

Аппаратная архитектура реконфигурируемых каналов обработки диагностической информации (РКОДИ) описывается набором конфигурационных функций

$$K_1^{\text{ДМО}} \quad F(\mathbf{L}_1^{(1)}, G(\mathbf{L}_1^{(1)})),$$
$$K_2^{\text{ДМО}} \quad F(\mathbf{L}_2^{(1)}, G(\mathbf{L}_2^{(1)})),$$
$$\cdots\cdots\cdots\cdots$$
$$K_{m-1}^{\text{ДМО}} \quad F(\mathbf{L}_{m-1}^{(1)}, G(\mathbf{L}_{m-1}^{(1)})),$$
$$K_m^{\text{ДМО}} \quad F(\mathbf{L}_m^{(1)}, G(\mathbf{L}_m^{(1)})),$$

где $K_i^{\text{ДМО}}$ – конфигурационная функция i-ого канала обработки диагностической информации, здесь $i \ \overline{1,m}$ – условный порядковый номер РКОДИ; $\mathbf{L}_i^{(1)}$ – матрица базовых логико-арифметических функций, реализуемых посредством коммутируемых логических блоков (КЛБ) выделенного фрагмента РВП, соответствующая первому аппаратному уровню (q = 1) конфигурационных наборов РВП СФКД; $G(\mathbf{L}_m^{(1)})$ – орграф, описывающий топологию направленных логико-арифметических связей между КЛБ-вершинами для заданной конфигурации РКОДИ в выделенном фрагменте РВП СФКД.

Формирование вектора $\overline{z}$ осуществляется в компараторном поле сравнений (КПС), представляющем собой многоканальный цифровой компаратор, реализуемый с помощью матричного набора КЛБ $\mathbf{L}^{\text{КПС}}$, топология связей между элементами которого также описывается орграфом $G(\mathbf{L}^{\text{КПС}})$, образуя тем самым конфигурационную функцию вида

$$K^{\text{КПС}} \quad F(\mathbf{L}^{\text{КПС}}, G(\mathbf{L}^{\text{КПС}})),$$

где $K^{\text{КПС}}$ – конфигурационная функция выделенного фрагмента РВП СФКД, на базе которого реализовано КПС.

В зависимости от способов размещения в структуре БКУ КА контрольных точек для организации встроенного контроля с помощью СФКД, в качестве основного критерия оптимальности диагностических моделей в РВП рассматривается:

- минимальное время локализации неисправности на самом низком (условном) аппаратном уровне БКУ КА;
- минимальный вычислительный ресурс, затрачиваемый на формирование каналов обработки контрольно-диагностической информации в выделенных фрагментах РВП СФКД;
- минимальное значение общего числа фиксированных КТ в структуре БКУ КА.

Заключение

В качестве промежуточных результатов исследований по моделированию и отработке алгоритмов многоуровневого аппаратного контроля БКУ КА приводятся примеры структурной организации реконфигурируемых каналов обработки контрольно-диагностической информации для нескольких фиксированных наборов КТ БКУ.

Показаны варианты распределения вычислительных ресурсов РВП СФКД для реализации функционального и параметрического контроля БКУ. Уделено особое внимание отечественной номенклатуре программируемых логических интегральных схем, способных реализовать РВП СФКД для решения задач встроенного контроля БКУ КА.

Библиографический список

1.*Алексеев А.А., Кораблев Ю.А., Шестопалов М.Ю.* Идентификация и диагностика систем.-М.: Издательский центр «Академия», 2009. – 352 с.

2.*Бровкин А.Г., Бурдыгов Б.Г., Гордийко С.В. и др.* Бортовые системы управления космическими аппаратами. /Под ред. проф. А.С. Сырова-М.: Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2010. – 304 с.

3.*Каляев И.А., Левин И.И., Семерников Е.А., Шмойлов В.И.* Реконфигурируемые мультиконвейерные вычислительные структуры /Изд. 2-е, перераб. и доп. / Под общ. Ред. И.А. Каляева. - Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, 2009. – 344 с.

4.*Савкин Л.В.* О решении задач бортового диагностирования космических аппаратов с помощью реконфигурируемых вычислительных систем. **Технические науки — от теории к практике** / Сб. ст. по материалам XXXIX междунар. науч.-практ. конф. № 10 (35). Новосибирск: Изд. «СибАК», 2014. с.79-88.

5.*Савкин Л.В.* Разработка реконфигурируемой системы функционального контроля и диагностики космического аппарата. Научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых специалистов НИУ ВШЭ им. Е.В. Арменского. Материалы конференции.-М.: МИЭМ НИУ ВШЭ, 2015. – с. 201-202.

6.*Шкляр В.Н.* Надежность систем управления: учебное пособие/Томский политехнический университет. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. –126 с.

7.*Gokhale M., Graham P.S.* Reconfigurable Computing- Accelerating Computation with Field-Programmable Gate Arrays. Springer Publ., 2005. 238 p.

8.*Hauck S.* Reconfigurable computing. The theory and practice of FPGA-based computation. Morgan Kaufmann Publ., 2007. – 944 p.

УДК 538.97

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО МЕХАНИЗМА ПОВЕРХНОСТНОЙ ИОНИЗАЦИИ НИТРОСОЕДИНЕНИЙ

Капустин В.И., Капустин Д.В.* [*], Захаров А.К.,
МГТУ МИРЭА, Москва, Россия
[*]***Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия***

Развитие методов селективного анализа органических веществ представляет большой научный интерес и практически значим для создания эффективных методов детектирования наркотических, отравляющих и взрывчатых веществ, например, с использованием дрейф-спекрометрических газоанализаторов [1-4]. В литературе была показана эффективность применения метода масс-спектрометрии для исследования продуктов ионизации в различных типах источников ионов [5-7], в том числе в поверхностно-ионизационных источниках ионов, в которых в качестве активного элемента для ионизации аминов был использован материал на основе микролегированного сплава молибдена [8]. Ранее в литературе была сформулирована научная гипотеза о физико-химической природе активных центров ионизации нитросоединений на поверхности оксидной бронзы и физико-химическом механизме поверхностной ионизации нитросоединений [5]. Однако экспериментальное подтверждение указанной гипотезы в литературе отсутствовало. Целью данной работы было экспериментальное исследование продуктов поверхностной ионизации тротила с использованием метода масс-спектрометрии высокого разрешения.

Нами были проведены масс-спектрометрические исследования состава фонового тока с поверхности термоэмиттера, изготовленного на основе активного элемента из бронзы состава $Na_{0,33}V_2O_5$. Методика экспериментальных исследований была аналогична методике работы [8]. В качестве масс-спектрометра был использован прибор высокого разрешения фирмы Thermo Finnigan LCQ Deca XP. Температура термоэмиттера при исследовании состава фонового тока и исследовании продуктов ионизации паров технического тротила составляла 450 ^{0}C. На рис. 1 приведен масс-спектр фонового тока термоэмиттера, а в таблице 1 - его расшифровка.

Основным типом ионов в составе фонового тока термоэмиттера являются ионы натрия, захватившие молекулы воды, и кластеры на основе оксидов никеля, ионов натрия и молекул воды. Ионы калия содер-

жаться в оксидной бронзе в качестве примеси и, вследствие низкого потенциала ионизации калия, дают определенный вклад в состав ионного тока.

Таким образом, впервые экспериментально подтверждено, что центрами ионизации органических нитросоединений на поверхности оксидной бронзы являются поверхностные ионы натрия из состава натрий – ванадиевой оксидной бронзы и, частично, ионы калия, входящие в состав оксидной бронзы в качестве примеси.

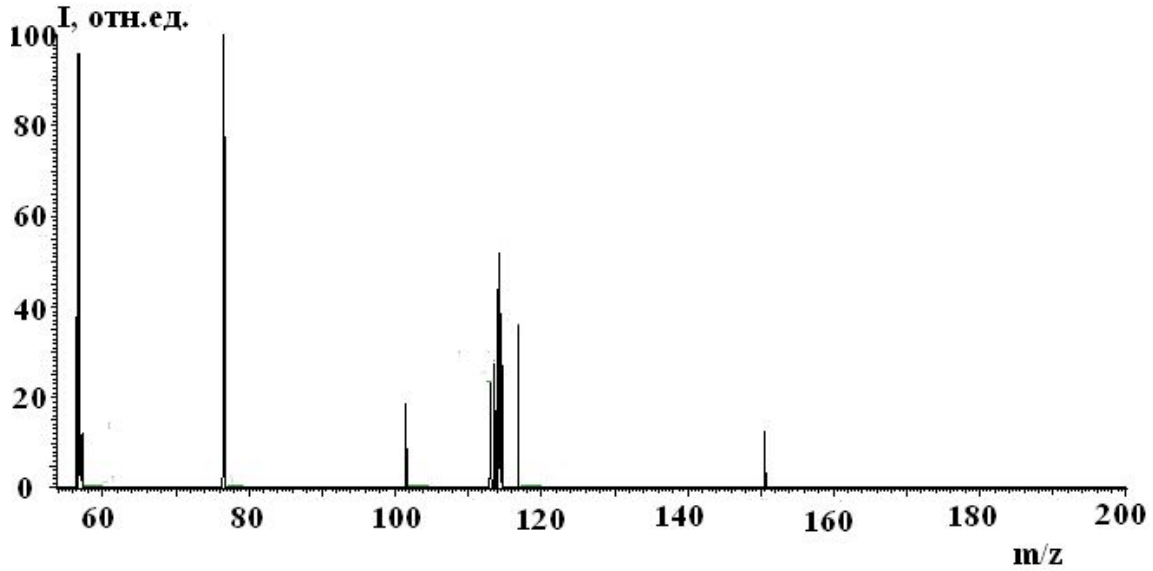


Рис. 1. Масс-спектр фонового тока термоэмиттера в области малых масс ионов

Таблица 1

Расшифровка масс-спектра рис. 1

Масса иона	Интенсивность, отн. ед.	Тип иона		Масса иона	Интенсивность, отн. ед.	Тип иона
57	95	K^+*H_2O		115	50	$Ni^{60}O*K^+$ $Ni^{58}O*K^+$ $Ni^{60}O_2*Na^+$
77	100	Na^+*3H_2O		117	35	$Ni^{60}O*Na^+*H_2O$
101	20	K^+*4H_2O		151	13	$V_2O_3*Na^+*5H_2O$
113	25	Na^+*5H_2O $Ni^{58}O*K^+$ $Ni^{58}O_2*Na^+$				

Основой потенциальной областью практического применения натрий - ванадиевой оксидной бронзы является использование ее в каче-

стве материала для селективных источников ионов взрывчатых веществ, применяемых в различных типах газоанализаторов. Поэтому для дальнейших исследований в качестве тестового органического вещества из класса нитросоединений нами был выбран технический тротил. Результаты качественных исследований методом ИК-спектрометрии показали, что технический тротил содержит изомеры тринитротолуола, динитротолуола, мононитротолуола и органическую связку. Количественные исследования нами не проводились ввиду отсутствия соответствующих эталонов компонентов технического тротила.

Был исследован масс-спектр технического тротила при подаче на вход прибора паров указанного вещества при температуре термоэмиттера 450 ^{0}C. На рис. 2 показан спектр масс тротила в диапазоне масс 200 – 500 а.е.м.

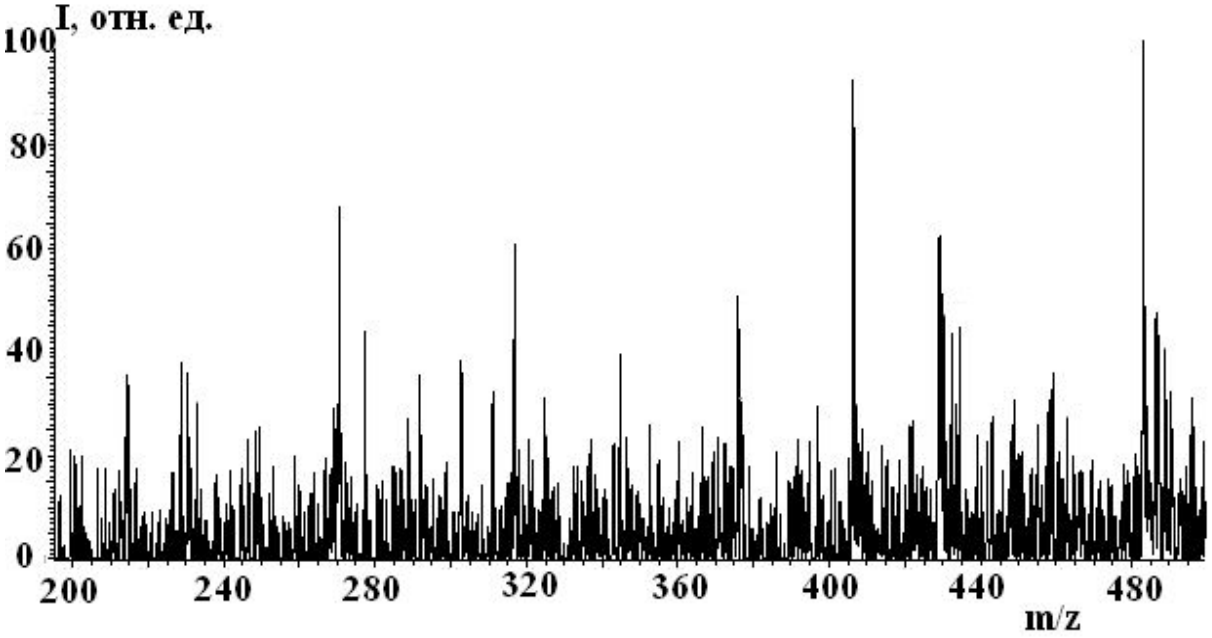


Рис. 2. Масс-спектр технического тротила в области больших масс ионов

В таблице 2 приведен состав ионов, образующихся при поверхностной ионизации тринитротолуола. В таблице 2 применены следующие обозначения:

- МНТ – мононитротолуол;
- ДНТ – динитротолуол;
- ТНТ – тринитротолуол;
- (МНТ-CH_2) – мононитротолуол, потерявший в результате частичной диссоциации группу CH_2;
- (ТНТ-CH_2) – тринитротолуол, потерявший в результате частичной диссоциации группу CH_2.

Таблица 2

Расшифровка масс-спектра технического тротила

Масса иона	Интенсивность, отн. ед.	Тип иона		Масса иона	Интенсивность, отн. ед.	Тип иона
200	24	(МНТ-CH_2)*Na^+*3H_2O		277	50	ДНТ*Na^+*4H_2O
214	40	МНТ*Na^+*3H_2O		302	43	ТНТ*K^+*2H_2O
232	40	МНТ*Na^+*4H_2O		344	42	(ТНТ-CH_2)*Na^+*6H_2O
250	33	ТНТ*Na^+		376	57	ТНТ*Na^+*7H_2O
268	40	ТНТ*Na^+*H_2O		430	60	ТНТ*Na^+*10H_2O
270	78	(ТНТ-CH_2)*K^+*H_2O		483	100	ТНТ*Na^+*V_3O_5

Следует отметить, что мононитротолуол и динитротолуол содержатся в техническом тротиле и обладают по сравнению с последним более высокой летучестью. Кроме того, они могут образовываться в результате частичной диссоциации тринитротолуола на нагретой поверхности термоэмиттера с потерей одной или двух нитрогрупп. Таким образом, поверхностная ионизация нитросоединений на поверхности оксидной бронзы щелочного металла протекает с захватом ионов натрия и возможным захватом некоторого количества молекул воды из воздуха при движении первичных ионов в трубке дрейфа. На основании полученных результатов можно заключить:

1. Основными типами ионов в составе фонового тока термоэмиттера на основе оксидной натрий - ванадиевой бронзы являются ионы натрия из состава бронзы, захватившие молекулы воды, и ионы калия из состава примесей бронзы, захватившие молекулы воды.

2. Ионизация нитросоединений на поверхности оксидной бронзы щелочного металла протекает с захватом ионов натрия и, частично, ионов калия на поверхности оксидной бронзы с возможным захватом некоторого количества молекул воды из воздуха при движении первичных ионов в трубке дрейфа газоанализатора. При этом для молекул тринитротолуола возможна частичная диссоциация молекул на нагретой поверхности термоэмиттера с отщеплением групп $–CH_2$ и, возможно, $–NO_2$.

Библиографический список

1. Matsaev V, Gumerov M, Krasnobaev L, ets. IMS spectrometers with radioactive, X-ray, UV and laser ionization // Int. Jour. For Ion Mobility Spectr. 2002. v. 5, № 3. p. 112-114.

2. Buryakov I.A. Ion mobility increment spectrometer with radial symmetry // Int. Jorn. For Ion Mobility Spectr. 2003. V.6. P. 121-126.

3. Буряков И.А., «Явления переноса ионов в газе в электрическом поле. Спектрометрия приращения ионной подвижности». Автореферат дисс…. докт. физ.-мат. наук. Новосибирск. 2005. 32 с.

4. Капустин В.И., Нагорнов К.О., Чекулаев А.Л. Новые физические методы идентификации органических соединений с использованием поверхностно-ионизационного дрейф-спектрометра // ЖТФ. 2009. том 79, вып. 5. С. 109-116.

5. Капустин Д.В., Буш А.А., Нагорнов К.О. и др. Поверхностно-ионизационные свойства оксидной бронзы щелочного металла // Письма в ЖТФ. 2012. том 38, вып. 4. с. 83-88.

6. Блашенков Н.М., Лаврентьев Г.Я. Исследование неравновесной поверхностной ионизации методом полевой поверхностно-ионизационной масс-спектроскопии // Успехи физических наук. 2007. Т. 177, №1. С. 59-85.

7. Филиппенко В.А., Малкин Е.К. Исследование влияния условий ионизации на масс-селективное распределение подвижности ионов тротила и гексогена методом спектрометрии ионной подвижности/тандемной масс-спектрометрии // Масс-спектрометрия. 2010, №7(3). с. 205-212.

8. Капустин В.И., Нагорнов К.О., Харыбин О.Н., и др. Масс-спектрометрические исследований механизма ионизации органических соединений азота на поверхности микролегированных сплавов молибдена // Химическая физика.. 2011. том 30, № 7. с. 1 – 14.

УДК 621.391.8

МЕТОДИКА РАСЧЁТА ОГРАНИЧЕНИЙ МОЩНОСТИ ПЕРЕДАТЧИКОВ БАЗОВЫХ СТАНЦИЙ 3G ПО РЕЗУЛЬТАТАМ НАТУРНЫХ ИСПЫТАНИЙ С ЦЕЛЬЮ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИХ ЭМС С РЭС ПРАВИТЕЛЬСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Сорокин С.А., Коченко С.Н.,
Военная академия РВСН имени Петра Великого, Москва, Россия

Одним из наиболее стремительно развивающихся компонентов телекоммуникационных систем являются сети сотовой связи третьего поколе-

ния 3G. Однако, в силу особенностей национального распределения полос радиочастот, планируемые для развития сетей 3G полосы, уже активно используются радиоэлектронными средствами (РЭС) правительственного назначения. Поэтому при развертывании сетей 3G необходима разработка мероприятий по обеспечению их электромагнитной совместимости (ЭМС) с данными средствами.

Оптимальное назначение частот и расчётная оценка ЭМС не всегда дают требуемый результат (расчётное значение уровня помех от оборудования 3G значительно выше допустимого, а вывод РЭС правительственного назначения в другие диапазоны невозможен).

В настоящее время накоплена статистика измерений уровня поля средств 3G. В Московском регионе в ходе испытаний на ЭМС были произведены замеры плотности потока мощности у порядка 300 базовых станций (БС) 3G. Полученные данные могут быть использованы для уточнения методик расчёта уровней помех от средств 3G. По результатам проведённых измерений разработана настоящая методика.

Методика основана на расчёте уровня сигнала БС 3G в месте дислокации РЭС правительственного назначения. Под данным уровнем следует понимать значение, которое может достигать плотность потока мощности БС 3G за год не чаще заданного процента времени. За основу методики была взята рекомендация МСЭ ITU-R P.452-15 [1], позволяющая при расчёте затухания сигнала учесть рельеф местности на трассе распространения волны.

Научная новизна методики, предлагаемой в работе, заключается в уточнении ослабления помех на трассах распространения введением поправок на застройку и растительность, систематическую и случайную погрешности для городской и пригородной местности.

Определение коэффициента учета локальных препятствий на трассе распространения радиоволн, систематической и случайной погрешностей

Определение коэффициентов учета локальных препятствий на трассах распространения радиоволн осуществляется путем анализа полученных в контрольных точках результатов измерений. Уточнение ослабления помех на трассах распространения определяется выражением:

$$L_{ут} \quad L_{расч} \quad A_{бс} \quad L \tag{1}$$

$A_{бс}$ – поправка на застройку и растительность на трассах распространения вблизи БС 3G.

L – систематическая погрешность методики расчёта, включающая поправку на застройку и растительность на трассах распространения вбли-

зи точки дислокации РЭС правительственного назначения и поправку на прочие неучтённые факторы распространения радиоволны.

Согласно Рекомендации ITU-R P.452-15 (рис. 1) поправка связана с параметрами застройки и растительности следующей зависимостью:

$$A_{бс} \quad 10.25 \quad e^{\ d_k} \quad 1 \quad th \quad 6 \quad \frac{h}{h_a} \quad 0.625 \quad - 0.33, \qquad (2)$$

где d_k – расстояние от антенны передатчика до препятствия (застройки, растительности) на трассе распространения, км;

h – высота антенны передатчика над поверхностью земли, м;

h_a – высота препятствия над поверхностью земли, м.

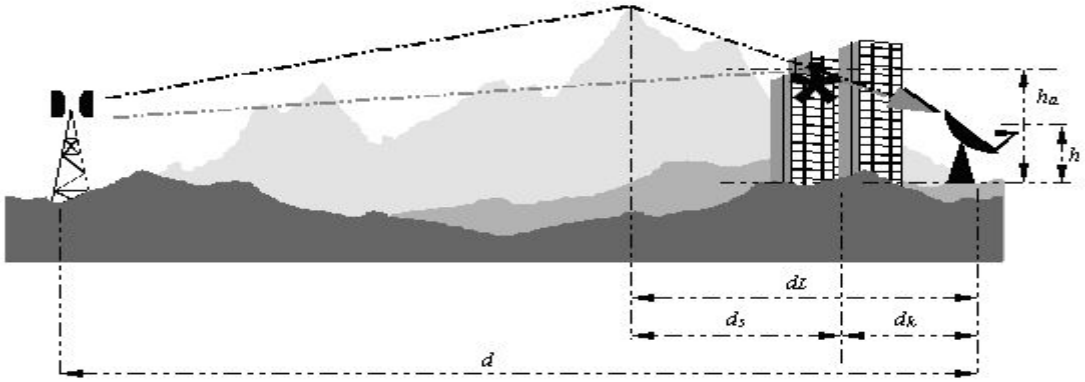


Рис. 1. Учет поправки на застройку и растительность

Поправка на учет локальных препятствий $A_{бс}$ вблизи расположения БС 3G рассчитывается по уравнению (2), используя среднестатистические значения расстояния до препятствий *d* и высоты препятствия *h*:

$$A_{БС} \quad 10.25 \quad e^{\ d} \quad 1 \quad th \quad 6 \quad \frac{h_{бс}}{h} \quad 0.625 \quad - 0.33, \qquad (3)$$

где $h_{бс}$ – высота антенны БС над поверхностью земли, м.

Приведенные поправки, расчетные значения и реальные значения ослабления помех на трассах распространения, полученные по результатам натурных испытаний, связаны следующим соотношением:

$$L_{изм} \quad L_{расч} \quad A_{бс} \quad L \qquad (4)$$

$$L_{изм} \quad L_{расч} \quad A_{бс} \quad L \qquad (5)$$

где $L_{изм}$ – реальные значения ослабления помех на трассах распространения, полученные по результатам натурных испытаний;

$L_{расч}$ – значения ослабления помех на трассах распространения, рассчитанные по методике ITU-R P.452-15 с учетом рельефа местности на трассах распространения.

Соотношение (5) для определения параметров локальных препятствий d, h и систематической погрешности L по результатам N измерений может быть представлено системой N уравнений:

$$\begin{aligned}
&L_{изм1} \quad L_{расч1} \quad A_{бс1}(d,h,h_{бс1}) \quad L,\\
&L_{изм2} \quad L_{расч2} \quad A_{бс2}(d,h,h_{бс2}) \quad L,\\
&\ldots\ldots\ldots\\
&L_{изм_i} \quad L_{расч_i} \quad A_{бс_i}(d,h,h_{бс_i}) \quad L,\\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\\
&L_{изм_N} \quad L_{расч_N} \quad A_{бс_N}(d,h,h_{бс_N}) \quad L.
\end{aligned} \qquad , \qquad (6)$$

где i – номер измерения.

Система нелинейных уравнений (6) является переопределённой, т.е. число уравнений больше числа неизвестных. В силу отсутствия точного решения переопределённых систем, следует определить вектор $\vec{x}$ $\{d,h,L\}$, наилучшим образом удовлетворяющий всем уравнениям, то есть минимизирующий норму невязки системы в какой-нибудь степени.

В работе предложено для решения системы (6) в качестве математического аппарата выбрать численный метод Гаусса – Ньютона. Данный алгоритм обеспечивает поиск неизвестных d,h,L, при которых сумма квадратов функции невязки N уравнений будет минимальна (метод наименьших квадратов [2]).

Полученные в результате расчётов усреднённые значения расстояний и высот до препятствий d и h, систематическая погрешность L, используются при уточнении ослабления на трассах распространения помех. Однако предлагаемая методика имеет и неустранимую случайную погрешность. По результатам обработки измерений установлено, что данная случайная величина имеет нормальный закон распределения. Статистические дисперсия D_L и среднеквадратическое отклонение L вычисляются по формулам (7) и (8) соответственно:

$$D_L \quad \frac{\sum_{i\ 1}^{N} (L_{ИЗМ_i} \quad (L_{РАСЧ_i} \quad A_i(d,h,h_{БС_i}) \quad L))^2 \quad \sum_{i\ 1}^{N} f_i^{\,2}(\vec{x})}{N \quad 1} \qquad (7)$$

$$L \quad \sqrt{D_L} \qquad (8)$$

Значение $L(P_L)$, которое не превышает случайная погрешность методики с заданной вероятностью P_L, вычисляется по формуле:

$$L(P_L) \quad L \quad \arg\Phi^*(\frac{P_L \quad 1}{2}) \qquad (9)$$

где $\arg\Phi^*$ - обратная нормальной функции распределения Φ^*.

Уточненная оценка ЭМС БС 3G с РЭС правительственного назначения

Таким образом, существующая методика оценки ЭМС БС 3G и РЭС правительственного назначения уточняется с использованием найденных: поправки на застройку и растительность, систематической и случайной погрешностей согласно нижеследующим соотношениям.

Расчет значений спектральной плотности потока мощности $W_{БС}$ в полосе 1 МГц, создаваемой передатчиками БС 3G в точке дислокации РЭС правительственного назначения, проводится по формуле:

$$W_{бс} \quad P \quad G \quad L_Ф \quad L_{452}(p) \quad A_{бс}(h,d,h_{бс}) \quad L \quad L(P_L) \quad K_G \quad _S, \qquad (10)$$

где P – мощность передатчика БС 3G в полосе 1 МГц, дБВт;

G – коэффициент усиления антенны БС 3G в направлении РЭС правительственного назначения, дБ;

$L_Ф$ – потери в антенно-фидерном тракте БС 3G, дБ;

$L_{452}(p)$ – потери на трассе «БС 3G – РЭС правительственного назначения», для заданного p % времени (рассчитываются согласно рекомендации ITU-R P.452-15), дБ;

$L(P_L)$ - поправка на случайную погрешность (позволяет гарантированно учесть случайную погрешность методики с требуемой вероятностью P_L);

$K_G \quad _S$ - коэффициент перехода от мощности в приёмнике к плотности потока, вычисляется по формуле: $K_G \quad _S \quad 38.5 \quad 20\lg F$.

F – номинальная частота помехового сигнала БС 3G, МГц.

По результатам расчётов проводится оценка ЭМС БС 3G с РЭС правительственного назначения по выполнению следующего критерия:

$$W_{бс} \quad W_{доп}, \qquad (11)$$

где $W_{доп}$ – предельно допустимое значение спектральной плотности потока мощности помехового сигнала в полосе 1 МГц на входе приемной антенны РЭС правительственного назначения, которое может быть превышено в течение допустимого процента времени.

При выполнении условия (11) принимается решение об отсутствии

радиопомехи на РЭС правительственного назначения и выдаётся разрешение на использование БС 3G без ограничений.

Нарушение требования (11), показывает, что уровень помехового воздействия, оказываемого БС 3G на функционирование РЭС правительственного назначения, выше допустимого. На передатчик БС накладывается условие снизить мощность излучения на величину P, дБ:

$$P \quad W_{\text{бс}} \quad W_{доп} \qquad (12)$$

Следует отметить, что при большом количестве БС 3G, развертываемых в едином территориальном районе, возникает эффект группового воздействия. При учёте данного явления в формуле (11) следует вводить дополнительный коэффициент. В настоящей работе эффект группового воздействия не рассматривался.

Библиографический список

1. Recommendation ITU – R P.452 – 15. Prediction procedure for the evaluation of microwave interference between stations on the surface of the Earth at frequencies above about 0.7 GHz.

2. Е.С. Вентцель. Теория вероятности. – М.: Наука, 1964 г.

УДК 621.314

СХЕМОТЕХНИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ШИМ КОНТРОЛЛЕРОВ

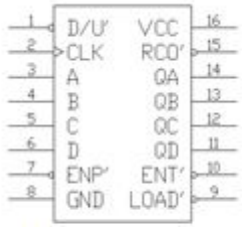
Бабенко В.П., Битюков В.К., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

При моделировании ШИМ-устройств, являющихся типичными устройствами силовой электроники, сказывается недостаточность элементной базы системы схемотехнического моделирования EWB 5.12. В статье рассмотрены схемные решения ШИМ контроллеров с учетом возможности библиотеки EWB. Показана возможность создания нового компонента библиотеки – заказной интегральной схемой ШИМ контроллера.

Система схемотехнического моделирования Electronics Workbench 5.12 (EWB) широко используется в качестве лабораторного практикума в средних и высших учебных заведениях [1-12]. Но при моделировании устройств с ШИМ управлением, важнейшего раздела силовой электроники, возникают сложности. В библиотеке EWB отсутствуют программируемые компоненты, микроконтроллеры. Ниже рассмотрена возможность моделирования с ШИМ-устройств в системе EWB 5.12.

ШИМ контроллер на реверсивном счетчике 74169

ШИМ-контроллер можно выполнить на любом счетчике (Digital/Counters) из библиотеки EWB. Рассмотрим вариант построения ШИМ контроллера на базе счетчика 74169. Микросхема 74169 представляет собой синхронный 4-х разрядный реверсивный двоичный счетчик (Sync 4-bit up/down Binary Counter). На рис 1. приведено условное графическое обозначение (УГО) ИС 74169 (а) и таблица состояния (б) из Help EWB.



а)

ENP	ENT	D/U	CLK	LOAD	A B C D	Qa Qb Qc Qd	RCC
0	0	X	X	0	X X X X	A B C D	1*
0	0	1	POS	1	X X X X	Count Down	1*
0	0	0	POS	1	X X X X	Count Up	1*
1	X	X	X	X	X X X X	Qa Qb Qc Qd	1*
X	1	X	X	X	X X X X	Qa Qb Qc Qd	1*

б)

Рис 1. Реверсивный двоичный счетчик 74169; (а) УГО ИС,
(б) таблица состояния

Счетные импульсы, подаваемые на вход CLK, переключают счетчик фронтом 1/0 – POS. Вход D/U (Down/Up) управляет направлением счета (D/U=1 – вычитание, D/U=0 – суммирование). Входы A, B, C, D – входы параллельной загрузки кода. Входы ENP и ENT – входы расширения при каскадировании счетчиков. Выходной код снимается с выходов QA, QB, QC, QD. На выходе RCO появляется сигнал переполнения счетчика при суммировании и вычитании. RCO=0 – переполнение в режиме суммирования (UP), при появлении на выходе счетчика кода 1111, а также в режиме вычитания (Down), когда на выходе счетчика появляется код 0000. Ниже приведена схема моделирования.

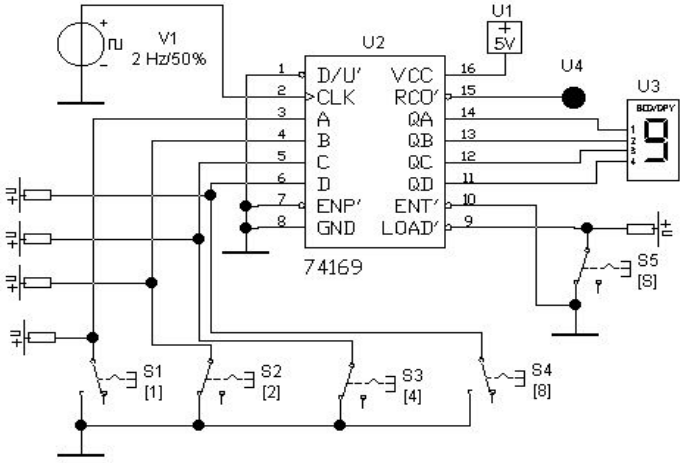


Рис. 2. Схема включения реверсивного счетчика 74169 в режиме вычитания

Режим вычитания обеспечивается путем подачи 0 на вход D/U управления направлением счета. Контроль выходного кода ведется семисегментным индикатором U3 из библиотеки Indicators. Для удобства визуального наблюдения частота тактового генератора V1 выбрана 2 Гц. Состояние сигнала переполнения RCO фиксируется индикатором-пробником U4. Управляющий двоичный код задается ключами S4-S1. Ключ S5, переключаемый клавишей S, формирует логический сигнал Load=0 или 1. Реализация схемы ШИМ-контроллера на базе реверсивного счетчика 74169 показана ниже.

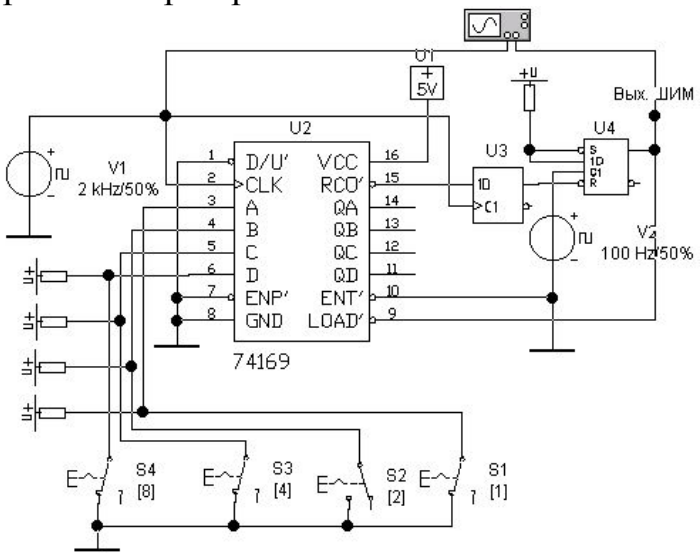


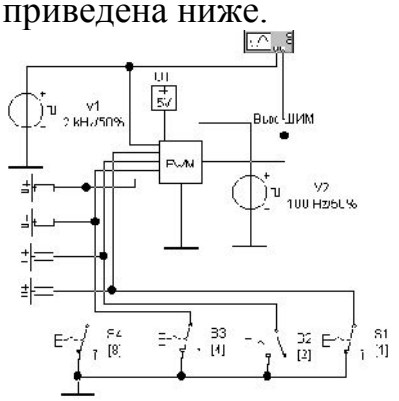
Рис. 3. Схема 4-х разрядного ШИМ-контроллера на базе реверсивного счетчика 74169

Счетчик работает в режиме вычитания D/U=0. Управляющий двоичный код формируется ключами S1-S4. До прихода запускающего импульса старт-стопный триггер U4 (D Flip-Flop with Active Low Asynch Inputs) находится в состоянии Q=0. На входе счетчика Load=0, что обеспечивает параллельную загрузку управляющего кода в счетчик. С приходом с генератора V2 запускающего импульса, задающего частоту следования ШИМ импульсов, триггер U4 по перепаду 0/1 устанавливается в состояние Q=1.

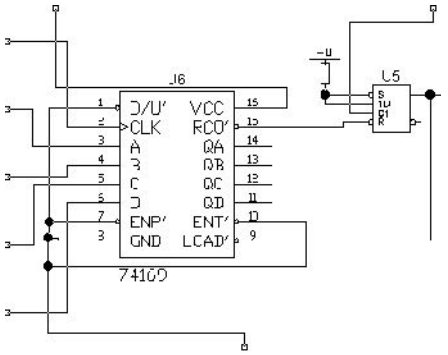
Появление на входе Load=1 разрешает режим счета импульсов от загруженного кода в сторону вычитания. В момент перехода счетчика через нуль (код 0000) на выходе счетчика RCO появляется низкий уровень RCO=0. Триггер U3 (D Flip-Flop) обеспечивает привязку импульса RCO к тактовой частоте генератора V1, что обеспечивает сброс триггера U4 по входу R в нулевое состояние. Частота следования ШИМ импульсов F=100 Гц задается генератором V2. Частота следования импульсов синхронизации fc (генератор V1) выбрана 2 кГц из условия $fc \geq K_{сч} \cdot F$.

В EWB возможно иерархическое представление выделенной части схемы в режиме Circuit/Subcircuit и создание заказной интегральной схемы

(ИС), которая сохраняется в библиотеке компонентов Favorites под выбранным именем PWM. Схема ШИМ-контроллера на базе заказной ИС PWM приведена ниже.



а)



Sub circuit PWM (б)

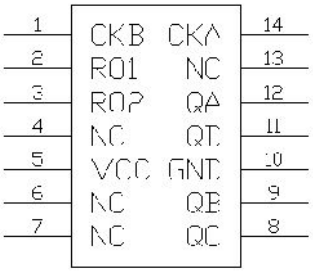
Рис. 4. ШИМ-контроллер; (а) схема моделирования, (б) – схема компонента PWM

Управляющий код 1111 запрещен, так как в этом случае сигнал RCO появляется одновременно с приходом разрешения на счет по входу Load и сигналом установки триггера U4. Библиотечный PWM-компонент расширяет возможности системы EWB учебном процессе.

ШИМ-контроллер на асинхронном двоичном счетчике 7493

Схемотехника ШИМ-контроллера на асинхронном двоичном счетчике 74163 строится иначе из-за отличия функциональных возможностей счетчика. Исходная информация по 4-х разрядному счетчику 7493 приведена из Help EWB на рис. 5.

Первый триггер 4-х разрядного счетчика включен независимо от остальной последовательности из трех триггеров, имеет выход QA, не связанный с входом триггера второго разряда. Поэтому, чтобы реализовать 4-х разрядный счетчик, необходимо соединить выход 1-го разряда QA с входом второго разряда счетчика CKB. Счетные импульсы подаются на вход CKA, а выходной код снимается с выходов QA, QB, QC, QD.



а)

Входы		Выходы			
01	02	d	c	b	a
		Счет			
		Счет			

(б)

Рис. 5. Асинхронный двоичный счетчик 7493; а) УГО, б) таблица состояния.

При одновременной подаче логической единицы на входы R0 и R1 счетчик обнуляется; при подаче 0 хотя бы на один из входов R0 или R1 счетчик работает в счетном режиме. Ниже показана схема моделирования счетчика 7493.

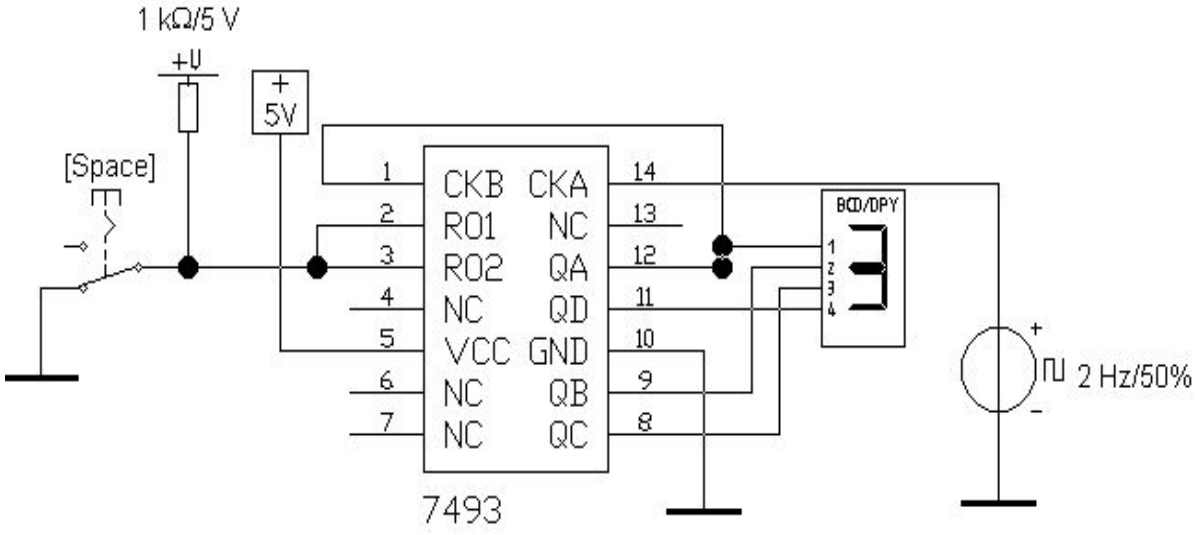


Рис. 6. Схема включения асинхронного 4-х разрядного двоичного счетчика 7493

Индикация двоичного кода на выходе счетчика осуществляется 7-сегментным индикатором. Для удобства визуального контроля индикатора частота генератора счетных импульсов выбрана 2 Гц. Ключ Space формирует управляющий сигнал на входе R.

Контроллер на счетчике 7493 содержит генератор V2, задающий частоту следования импульсов ШИМ. Тактирующие импульсы генератора V1 поступают на вход 4-х разрядного асинхронного счетчика U3. Старт-стопный триггер U2 запускается по перепаду 0/1 импульсов генератора V2. Управляющий код задается ключами S1-S4. Цифровой компаратор заменен схемой сравнения кодов, выполненной на элементах логической равнозначности (XOR) U4-U4, осуществляющих поразрядное сравнение кодов счетчика U3 и управляющего кода, задаваемого ключами S1-S4. При равенстве кода на выходе счетчика и управляющего кода на выходе ЛЭ U8 появляется логическая 1.

В исходном состоянии триггер U2 находится в нулевом состоянии, счетчик обнулен. Триггер U9 выполняет тактовую привязку импульса выхода логического элемента U8 к сигналу генератора синхронизации V1. Частота генератора синхроимпульсов f_c=2000 Гц, как и прежде, должна быть, по крайней мере, в $К_{сч}$ раз больше, чем частота следования тактовых импульсов F.

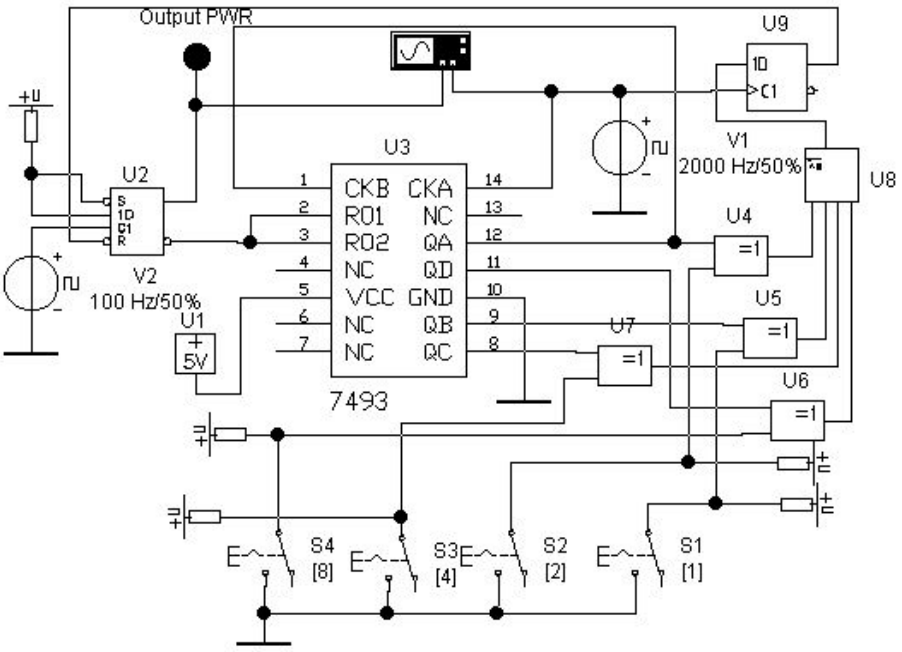
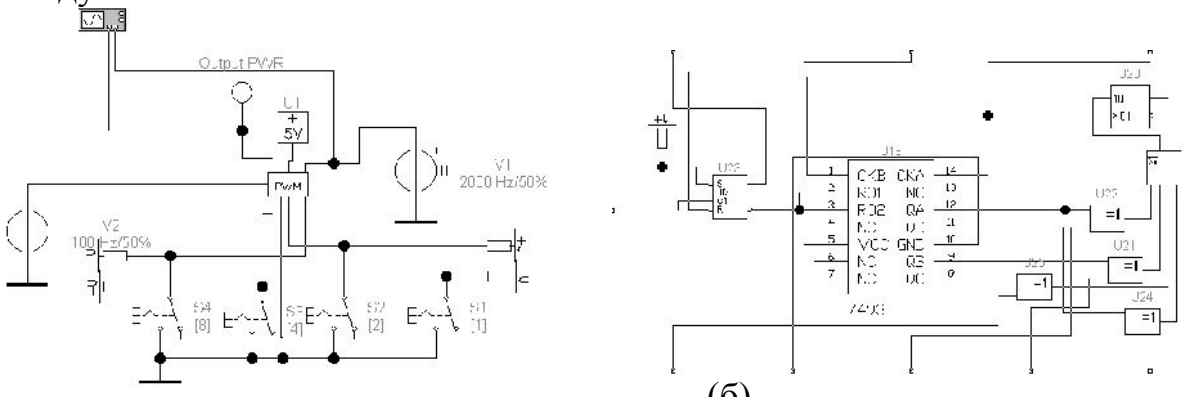


Рис. 7. ШИМ-контроллер на асинхронном двоичном счетчике

С приходом запускающего импульса ШИМ от генератора V2 триггер U2 устанавливается в состояние Q=1. На входах счетчика U3 состояние R01, R02 =0, счет разрешен. Счетчик считает импульсы генератора синхроимпульсов V1 – f_c=2000 Гц. Код на выходе счетчика последовательно увеличивается на каждый тактовый импульс генератора V1, пока схема сравнения кодов (выход U8 Y=0) не выдаст сигнал равенства кода счетчика и управляющего кода (ключи S1-S4). После тактовой привязки на триггере U9, сигнал равенства кодов сбрасывает старт-стопный триггер U2 в 0. Длительность импульса на выходе триггера U2 будет пропорциональна величине управляющего кода.

Тактовая привязка сигнала сравнения кодов (выход триггера U8) необходима, чтобы асинхронный сброс R триггера U2 выполнялся по перепаду сигнала 0/1.



(а) (б)

Рис. 8. ШИМ-контроллер на заказной ИС. (а) схема моделирования; (б) схема ИС

EWB в режиме Circuit/Subcircuit позволяет представить выделенную часть схемы в виде заказной интегральной схемы PWM, которая сохраняется в корзине компонент Favorites. Схема ШИМ-контроллера на заказной ИС приведена на рис 8.

При моделировании измерялась длительность импульса ШИМ при изменении управляющего кода.

Выводы

1. Рассмотрены схемные решения ШИМ-контроллеров на двоичных счетчиках из библиотеки системы схемотехнического моделирования Electronics Workbench (EWB). Это позволило расширить использование EWB 5.12 в качестве лабораторного практикума по важнейшему разделу силовой электроники с ШИМ-регуляторами.
2. Продемонстрирована возможность пополнения библиотеки компонентов семейством заказных интегральных схем ШИМ контроллеров.
3. Рассмотрены особенности схемотехники ШИМ-контроллеров на асинхронных и синхронных счетчиках.
4. Проведено схемотехническое моделирование основных схемных решений.

Библиографический список

1. Новиков Ю.В. Основы цифровой схемотехники. Базовые элементы и схемы. Методы проектирования. М.: Мир. 2001. - 380 с.
2. Кардашев Г.А. Цифровая электроника на персональном компьютере. М.: Горячая линия-Телеком. 2003. - 156 с.
3. Бабенко В.П., Серов В.Н. Шишкин В.И. Схемотехника электронной аппаратуры управления, контроля и мониторинга параметров волоконных лазеров и телекоммуникационных ВОСП. Компьютерное моделирование. Учебное пособие для студентов. М.: МИРЭА, 2013. – 98 с.
4. Бабенко В.П., Серов В.Н. Схемотехника электронной аппаратуры управления, контроля и мониторинга параметров волоконных лазеров и телекоммуникационных ВОСП. Компьютерное моделирование. М.: МИРЭА, 2011. – 95 с.
5. Бабенко В.П., Серов В.Н. Компьютерное моделирование аналоговых и аналогово-цифровых устройств. Методические указания. М.: МИРЭА, 2012. – 45 с.
6. Бабенко В.П., Серов В.Н. Компьютерное моделирование цифровых устройств. Методические указания. М.: МИРЭА, 2012. – 48 с.

7. Свиридов А. Н., Бабенко В. П. Приемные устройства оптического диапазона на основе антенных решеток. М.: Прикладная физика, №2 2010. - 92-96 с.

8. Каганов В.И., Битюков В.К. Основы радиоэлектроники и связи. М.: Горячая линия-Телеком. 2012. - 542 с.

9. Бартенев В.Г., Битюков В.К., Кузеленкова Е.Г. Инновационный курс «Программируемая радиоэлектроника» для инженерных вузов. Цифровая обработка сигналов. №4, 2011. - с. 37-41.

10. Битюков В.К., Богатов А.В., Михневич Н.Г., Петров В.А. Исследование характеристик стабилизированных источников электропитания, построенных на базе регулируемых DC–DC преобразователей с накачкой заряда. Наукоемкие технологии. 2012, Т. 13, № 5. - с. 5-15.

11. Битюков В.К., Иванов А.А., Михневич Н.Г., Перфильев В.С., Петров В.А. Виртуальная лицевая панель реального стенда для дистанционного управления исследованием характеристик стабилизированных источников вторичного электропитания. Электромагнитные волны и электронные системы. 2014, Т. 19, № 1. - с. 52-57.

12. Битюков В.К., Симачков Д.С. Методические особенности построения управляемых выпрямителей с вольтодобавкой. Учебный эксперимент в образовании. 2014, №1. - с. 64-79.

УДК 519.6:621.396.96.001.2

АЛГОРИТМЫ СЛУЧАЙНОГО ПОИСКАХ В ЗАДАЧАХ ЧИСЛЕННОЙ ОПТИМИЗАЦИИ

Исаков В.Н., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Характерной особенностью современных радиотехнических систем является адаптивность, что требует применения самонастраивающихся устройств и решения задач синтеза сигналов в условиях последовательного уточнения сложившейся обстановки. Синтез сигналов и самонастройка устройств после выбора критерия оптимальности сводится к решению задачи многопараметрической оптимизации. Одним из путей решения указанной задачи является численная оптимизация. При этом количество параметров целевой функции может достигать десятков – сотен.

Численная оптимизация, традиционно выполняемая с привлечением градиентных методов, при большом количестве параметров оптимизации не всегда оказывается приемлемой, ввиду ложных остановок процедуры в точках локальных экстремумов целевой функции. Кроме того,

зачастую приходится иметь дело с разнородными параметрами целевой функции, изменяющимися в существенно различающихся численно пределах. В этих условиях могут возникать трудности с выбором шага градиентных процедур.

Указанные трудности могут быть преодолены при использовании алгоритмов случайного поиска, применение которых становится возможным в виду повышения быстродействия современных вычислительных устройств.

Генетический алгоритм (ГА) [2],[3] является одной из разновидностей алгоритмов случайного поиска. Схема алгоритма показана на рис.1. Создаются несколько отдельных независимых массивов параметров оптимизации – «хромосом», которые при запуске алгоритма инициализируются случайным образом.

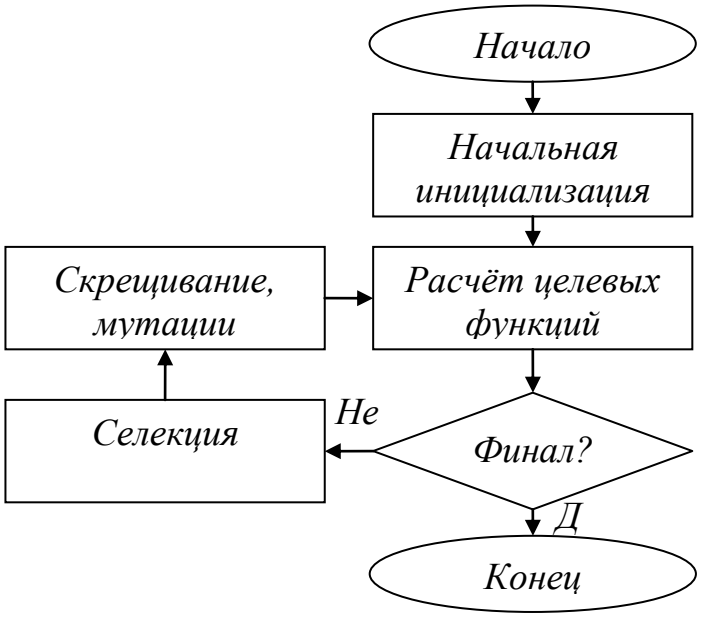


Рис.1. Схема генетического алгоритма

На следующем этапе осуществляется расчёт целевой функции для каждой хромосомы и проверяется условие достижения финального состояния алгоритма – это может быть, например, условие достижения значения целевой функции некоторого значения или стабилизация решения в течении большого количества итераций.

Если финальное состояние не достигнуто, то осуществляется селекция хромосом, в ходе которой хромосомы с низким значением целевой функции преимущественно исключаются - их место занимают копии хромосом с высоким целевым показателем. Вероятность исключения хромосомы в ходе селекции определяется соответствующим значением целевой функции.

На следующем этапе осуществляется применение генетических операторов мутации и скрещивания. При скрещивании две произвольно выбранные хромосомы рассматриваются как бинарные цепочки. Произвольным образом выбирается номер позиции в цепочке, относительно которой происходит формирование двух новых хромосом, путём взаимной перестановки предшествующей и последующей последовательностей элементов. Далее осуществляются «мутации» путём инверсии некоторых элементов в бинарных цепочках. Вероятность инверсии элемента обычно составляет 10-25%.

Указанным способом оказывается создан новый набор хромосом, после чего алгоритм возвращается на этап проверки достижения финального состояния.

В чистом виде описанная процедура характеризуется очень большим временем выполнения, часто для достижения финального состояния требуется создать большое количество хромосом (в несколько раз больше количества параметров оптимизации). Всё это требует больших затрат памяти и требует временного ресурса вычислителя.

Уменьшение времени достижения финального состояния ГА и количества хромосом достигается введением так называемой «элитной» хромосомы, в которой всегда сохраняется наилучший результат, достигнутый за всё время выполнения. Элитная хромосома также участвует в скрещивании. Введение элитной хромосомы с одной стороны ускоряет достижение финального состояния, но с другой стороны повышает риск ложной остановки процедуры оптимизации в точках локальных экстремумов. Противоречие снимается увеличением количества хромосом.

Схема адаптивного алгоритма случайного поиска, предложенная автором, показана на рис.2. При запуске массив параметров оптимизации инициализируется произвольным образом. Параметры блоков розыгрыша текущей стратегии (БРТС) и блоков розыгрыша текущего действия (БРТД) устанавливаются такими, чтобы шансы выбора стратегий и действий были одинаковыми.

В БРТС осуществляется розыгрыш стратегии, используемой на текущей итерации алгоритма. Примеры стратегий, которые могут быть заложены в алгоритм:

- изменить все параметры оптимизации;
- изменить только один параметр;
- принять решение о изменении каждого из параметров по результатам розыгрыша;
- произвольным образом изменить все параметры
- осуществить градиентную итерацию.

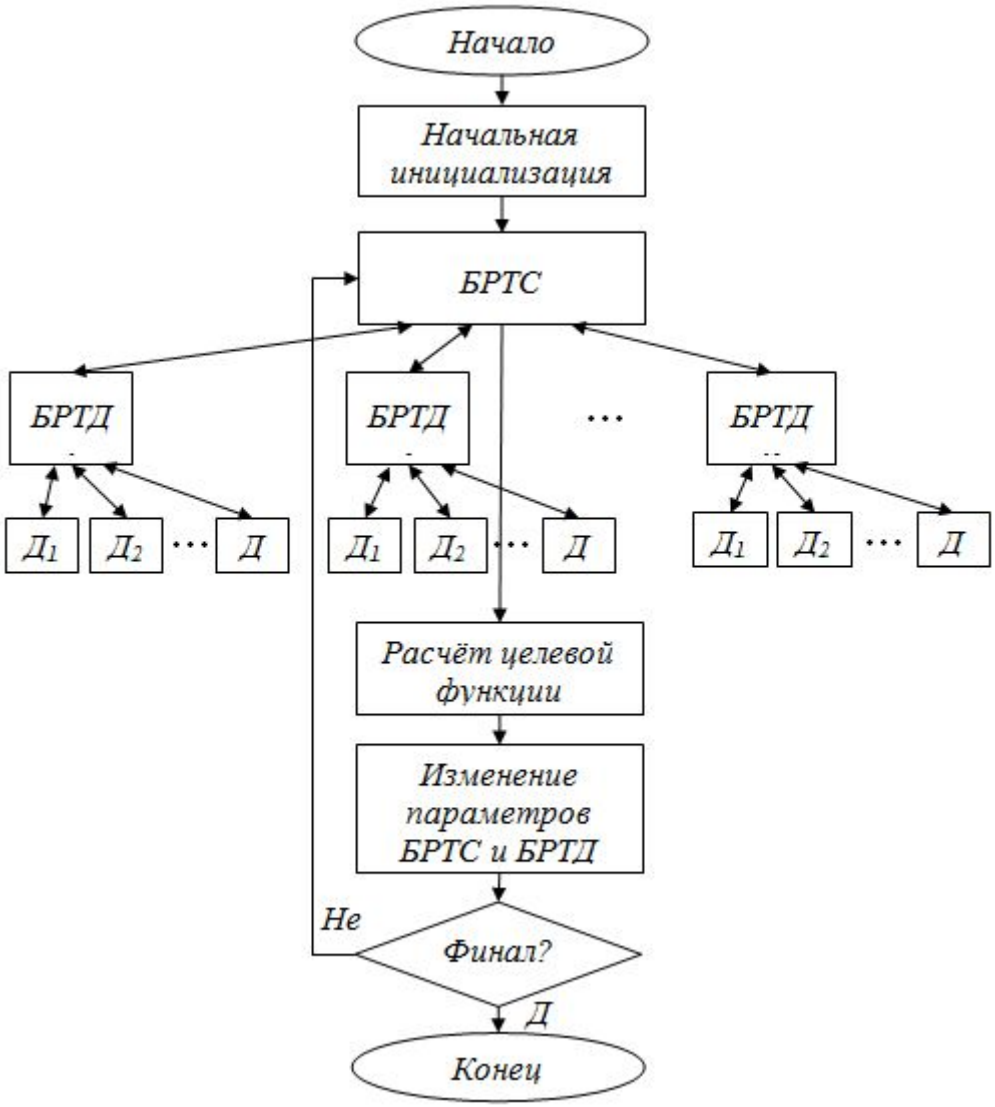


Рис.2. Схема адаптивного алгоритма случайного поиска

Каждой стратегии сопоставляется своя вероятность выбора при розыгрыше.

Каждому параметру оптимизации соответствует БРТД, в котором, если это предусмотрено выбранной стратегией, осуществляется розыгрыш действия с параметром, осуществляемого на текущей итерации алгоритма. Примеры действий:

- разыграть гауссово/равномерное значение параметра;

- выполнить малое/большое случайное гауссово/равномерное приращение параметра.

Каждому действию сопоставляется своя вероятность выбора при розыгрыше.

После изменения параметров осуществляется расчёт значения целевой функции. В случае, когда последние действия привели к возрастанию

этого значения по сравнению с предыдущим, значения текущих параметров оптимизации запоминаются, а в БРТС и БРТД изменяются параметры, так, что шансы выбора последней удачной стратегии или действия в следующий раз возрастают.

Если проверка достижения финального состояния не даёт положительный результат, то описанная процедура повторяется.

Оценка среднего времени выполнения описанных алгоритмов проведена на примере решения простейшей тестовой оптимизационной задачи

$$\varepsilon(y_0,\ldots,y_{N-1}) = \sum_{n=0}^{N-1} (y_i - f(x_i))^2 \to \min, \qquad (1)$$

где $f(x)$ - некоторая функция, $\{x_n\}_{n=0}^{N-1}$ - заданные числа. Решение этой задачи известно: значения параметров оптимизации должны совпадать с дискретными значениями $f(x_i)$.

На рис.3. показаны графики зависимости среднего времени, затраченного на решение задачи (1) ГА и адаптивным алгоритмом случайного поиска (АСП) в зависимости от количества параметров оптимизации N. В АСП градиентная стратегия не использовалась. Измерения для ГА проводились при количестве хромосом 4, 10, 20. Соответствующие графики обозначены ГА4, ГА10, ГА20.

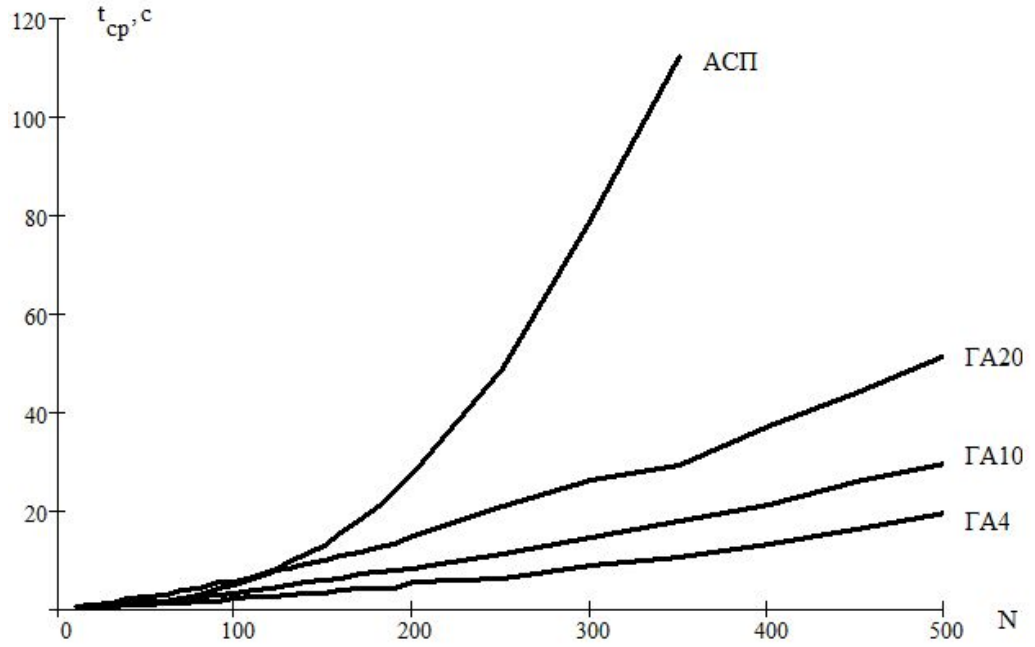


Рис.3. Среднее время выполнения в зависимости от количества параметров оптимизации

Средне квадратическое отклонение времени выполнения составляет примерно 15-20% от среднего времени выполнения.

Увеличение количества хромосом снижает риск ложных остановок генетического алгоритма, но при этом увеличивает и время выполнения. В случае, когда функция адаптации будет иметь большое количество локальных экстремумов количество хромосом рекомендуется увеличивать и делать его сравнимым с количеством параметров оптимизации.

Практика численного решения задач оптимизации показывает эффективность совместного использования рассмотренных алгоритмов.

Библиографический список

1. Вакман Д.Е., Седлецкий Р.М. Вопросы синтеза радиолокационных сигналов. М.: «Советское радио», 1973.

2. Люгер, Джордж, Ф. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2005.

3. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л., Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечёткие системы: Пер. с польск. И.Д. Рудинского. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007.

УДК.621. 391

КОДОВЫЙ МЕТОД РАЗДЕЛЕНИЯ СИГНАЛОВ С ПОМОЩЬЮ ФУНКЦИИ ВЕЙЕРШТРАССА

Каганов В.И., МГТУ МИРЭА, ***Москва, Россия***

Рассматривается кодовый метод множественного доступа к общему каналу цифровой радиосвязи с помощью усеченной функции Вейерштрасса. Приводятся результаты расчета взаимного влияния различных сигналов друг на друга, располагаемых в общей полосе частот.

The method multiple access to general channel digital radio by means cut-down function Weierstrass is proposed. Calculation data of interconnect effect different signal one at another, dispose at common frequency range are given.

Одним из способов множественного доступа к общему каналу радиосвязи является кодовый метод разделения сигналов абонентов, при котором последние отличаются друг от друга кодом формируемого цифрового сообщения [1]. При этом кодирование исходной битовой последовательности осуществляется посредством функций, образующих ортогональную систему, что позволяет различать сообщения, принятые от разных абонентов в общем канале радиосвязи.

Известно, что условие ортогональности для последовательности ве-

щественных функций $\Phi_1(t)$, $\Phi_2(t)$, $\Phi_3(t)$…… $\Phi_n(t)$, непрерывных в промежутке [t_0, t_1], записывается в виде:

$$\int_{t_0}^{t_1} \Phi_k(t)\,\Phi_m(t)\,dt = \begin{cases} 0 & \text{при } k \neq m, \\ A_k & \text{при } k = m. \end{cases} \qquad (1)$$

При корреляционном способе обработки сигналов выполнение (1) позволяет различать сообщения, принятые от разных абонентов. Условию (1) отвечают в частности функции Уолша, наиболее часто используемые при кодовом методе множественного доступа к каналу радиосвязи [1].

К непрерывной функции, лежащей в основе кодирования битовой последовательности, вместо (1) можно предъявить и менее жесткое условие, записав его в виде:

$$\int_{t_0}^{t_1} \Phi_k(t)\,\Phi_m(t)\,dt = \begin{cases} \Delta & \text{при } k \neq m, \\ A_k & \text{при } k = m. \end{cases} \qquad (2)$$

где $\Delta << A_k$.

Пороговое устройство, включенное на выходе коррелятора, и в этом случае сможет легко различить сигнал данного абонента с уровнем A_k от всех остальных с уровнем $\Delta << A_k$.

Рассмотрим в этой связи степенную функцию Вейерштрасса [2,3] :

$$y(t) = \sum_{n=1}^{N} a^n \cos(\pi b^n t), \qquad (3)$$

где $a<1$, $b>1$, $ab>1$.

При $N=\infty$ функция (3) является непрерывной, не дифференцируемой ни в одной точке и порождающей фракталы . При $1<<N<\infty$ функция (3) приближается к классу таких функций. В этом легко убедиться, построив график функции (3), приняв, например N=50, a=0,95, b=1,3 и выбрав разный масштаб по оси абсцисс (рис.1). Из рис.1 видно, что функция (3) обладает свойством самоподобия, поскольку она инвариантна при изменении масштаба. Действительно с уменьшением масштаба график функции (3) воспроизводится, повторяя сам себя, что является отличительным свойством фракталов.

Для кодирования воспользуемся усеченной функцией Вейерштрасса, выбирая разные порядки суммируемых функций:

$$y_k(t) = \sum_{n=n_1}^{n_2} a^{0,5n} \cos(\pi b^n t) \quad . \qquad (4)$$

Для декодирования сигнала важно знать взаимокорреляционную и автокорреляционную функции кодовых комбинаций:

$$S_1 = \frac{1}{T}\int_0^T u_1(t)\,u_2(t-\tau)\,dt \quad \text{и} \quad S_2 = \frac{1}{T}\int_0^T u_1(t)\,u_1(t-\tau)\,dt, \qquad (5)$$

где T – длительность кодовой комбинации; τ – время корреляции, $u_1(t)$, $u_2(t)$ – сравниваемые кодовые комбинации.

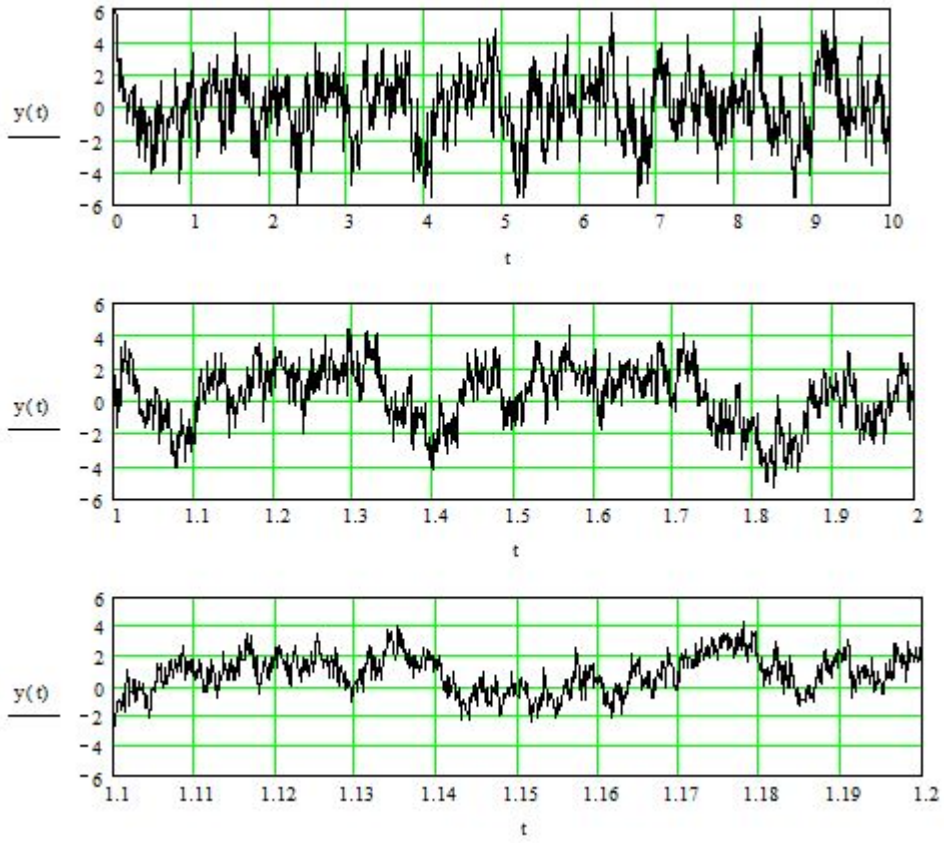


Рис.1. Графики функции Вейерштрасса

Первая из функций (5) должна быть близка к 0, вторая – отлична от 0.

В качестве примера рассмотрим кодовую комбинацию, представляющую собой двоичный сигнал из пяти бит: 1 –1 1 –1 1 при длительности элементарной посылки T=10 (рис.2,а).

В передаваемой кодовой комбинации символу «1» соответствует функция:

$$y_1(t) \quad \sum_{n\ 1}^{3} a^{0,5n} \cos\ \pi b^n t \quad , \tag{6}$$

а символу «2» ÷ функция :

$$y_2(t) \quad \sum_{n\ 7}^{9} a^{0,5n} \cos\ \pi b^n t \quad , \tag{7}$$

где a=0,95, b=1,2.

Графики данных функций, а также взаимокорреляционной и автокорреляционной функций, определяемых согласно (5) , построены на

рис.2, где x есть время корреляции τ. Из графиков следует, что взаимокорреляционная функция $S_1(\tau)$ (сплошная линия) практически равна 0 при любом значении τ , а автокорреляционная функция (пунктирная линия) на определенном участке по виду близка зависимости $\sin(x)/x$. Подобные же результаты получаются и при кодовых комбинациях, составленных с помощью других усеченных функциях Вейерштрасса, Сказанное свидетельствует о возможности четкого разделения разных кодовых с помощью схемы корреляционной обработки сигнала, приведенной на рис.3, с двумя образцами передаваемого сигнала $y_1(t)$ и $y_2(t)$,

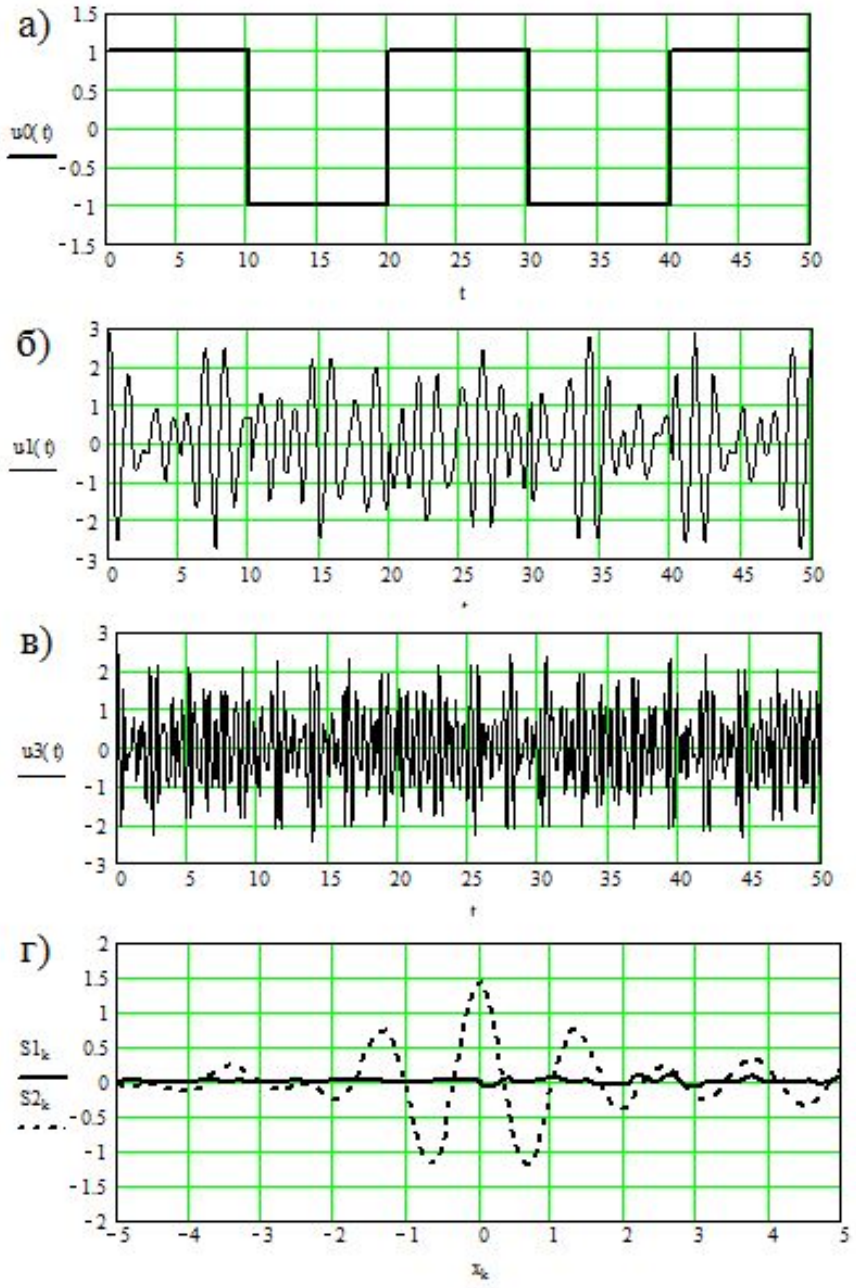


Рис.2. Графики: а) передаваемой кодовой комбинации, б) функции $y_1(t)$, в) функции $y_2(t)$, , г) функций $S_1(\tau)$, $S_2(\tau)$.

Рис.3. Схема корреляционной обработки принятого сигнала

Таким образом, на конкретном примере показано, как с помощью усеченной функции Вейерштрасса может быть осуществлено кодовое разделение сигналов при множественном доступе к каналу радиосвязи. Кроме функции Вейерштрасса возможно применение и других функций, отвечающих требованию (2).

Библиографический список

1. Каганов В.И. Радиотехнические цепи и сигналы. Компьютеризированный курс.– М.: ФОРУМ: ИНФРА – М , 2005.
2. Гринченко В.Т., Мацыпура В.Т., Снарский А.А. Введение в нелинейную динамику. Хаос и фракталы. Изд. 2-е. – М.: ЛКИ, 2007.
3. Шредер М. Фракталы, хаос, степенные законы. – Ижевск: НИЦ «РХД», 2005.

УДК 538.97

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ В ОКСИДНЫХ БРОНЗАХ ЩЕЛОЧНОГО МЕТАЛЛА ДЛЯ ДЕТЕКТОРОВ ПАРОВ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ

***Капустин В.И.*[*], *Капустин Д.В.*[**], *Захаров А.К.*[*],**
[*]МГТУ МИРЭА, Москва, Россия,
[**]Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Большой научный и практический интерес вызывают натрий-ванадиевые оксидные бронзы состава $Na_XV_2O_5$ для области x=0,22–0.40. Ванадиевые бронзы такого состава имеют моноклинную структуру и большой набор своеобразных физических свойств, например, заметную

ионную проводимость. В соединении $Na_{0.33}V_2O_5$ наблюдается три фазовых перехода при изменении температуры: 1) упорядочение натрия при 240 K [1], 2) переход металл-изолятор около 135 K, вызванный зарядовым упорядочиванием атомов ванадия [2] и 3) переход в антиферромагнитное состояние при 22 K [3]. Кроме того, соединение $Na_{0.33}V_2O_5$ становится сверхпроводником с критической температурой 8 K при внешнем давлении 8 GPa [4]. А в интервале температур 400 – 600 ^{0}C в условиях воздуха атмосферного давления на поверхности оксидной бронзы состава $Na_{0.33}V_2O_5$ происходит ионизация органических нитросоединений [5], причем данное физическое явление может быть использовано для создания приборов нового типа – поверхностно-ионизационных газоанализаторов взрывчатых веществ.

В процессе поверхностной ионизации органических нитросоединений участвуют ионы натрия, входящие в состав кристаллической структуры оксидной бронзы. Поэтому несомненный практический интерес вызывает исследование электронной структуры и приповерхностной электронной концентрации монокристаллов оксидной бронзы с кристаллографической ориентацией поверхности (010), так как именно вдоль кристаллографического направления [010] реализуется эффективная диффузия ионов натрия в кристаллической структуре бронз с моноклинной кристаллической решеткой.

Исследования электронных спектров оксидных бронз были проведены на станции фотоэлектронной спектроскопии Курчатовского центра синхротронного излучения. Для получения чистой поверхности образца использовали метод механической очистки в сверхвысоком вакууме с помощью щетки из волокон бора. Продолжительность очистки составляла 2-3 минуты. Спектры характеристических потерь электронов (ХПЭЭ) при энергии первичного пучка электронов E_p = 150 эВ для образца $Na_{0,23}V_2O_5$ показаны рис. 1, а на рис. 2 приведены спектры характеристических потерь для образца $Na_{0,28}V_2O_5$. На рис. 1 и 2 по оси X отложены значения энергии вторичных электронов, отсчитанные от энергии пика упруго-отраженных электронов. По оси ординат отложено отношение интенсивностей I/I_o для каждого спектра, т.е. сигнал каждого спектра I отнесен к максимальной интенсивности I_o этого же спектра в пике упруго-отраженных электронов. Энергетическое разрешение в спектрах определялось немоноэнергетичностью первичного пучка электронов (~0,6 eV) и энергетическим разрешением энергоанализатора (~0,4 eV). Суммарно оно оценивалось по ширине пика упруго отраженных электронов и составляло 0,7 eV. Спектры записывались с шагом 0,05 eV.

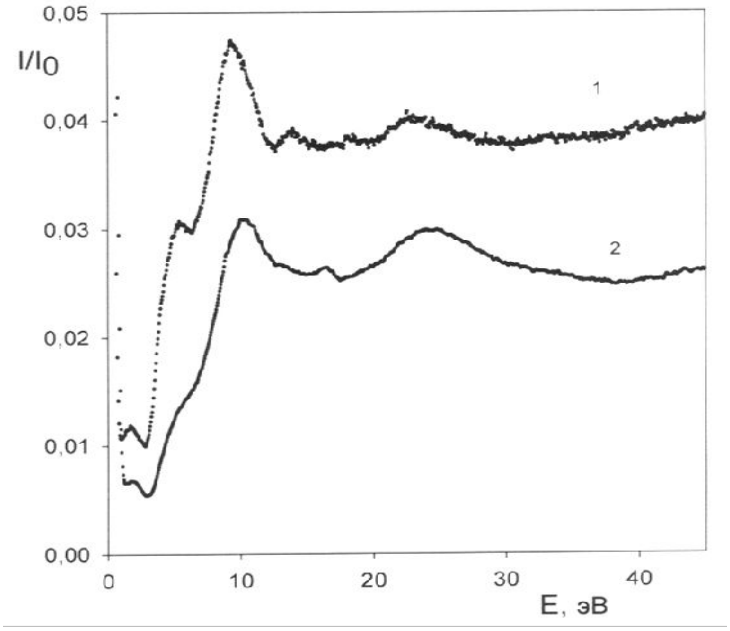


Рис. 1. Спектры характеристических потерь для образца $Na_{0,23}V_2O_5$

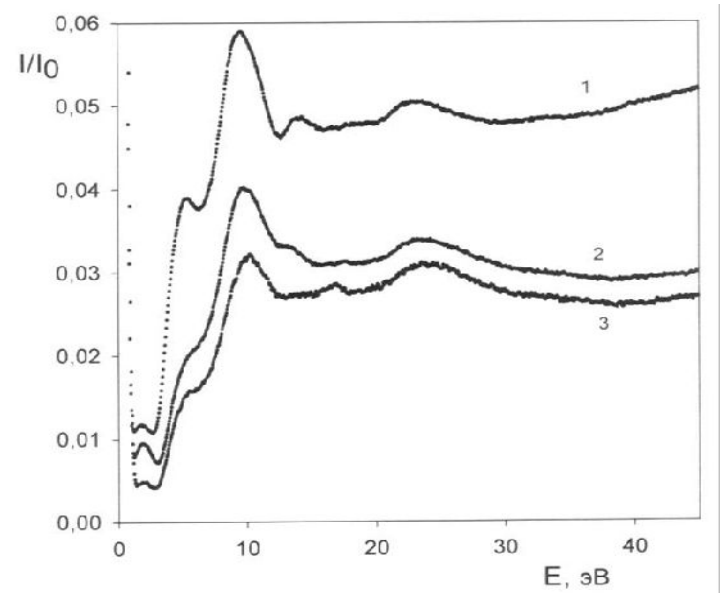


Рис. 2. Спектры характеристических потерь для образца $Na_{0,28}V_2O_5$

На рис. 1 (кривая 1) и рис. 2 (кривая 1) изображены спектры характеристических потерь энергии для образцов бронзы после очистки поверхности. На рис. 1 (кривая 2) и рис. 2 (кривые 2 и 3, два повторных измерения) изображены спектры характеристических потерь энергии для образца после окисления поверхности с дозой 33 Ленгмюр.

Характеристические потери энергии электронами в материалах полупроводникового типа, к классу которых относятся и натрий ванадиевые оксидные бронзы [6], обусловлены, прежде всего, возбуждением поверхностных и объемных плазменных колебаний. В соответствии с известным

соотношением [7] энергия плазменных потерь электронов ΔЕ составит

$$\Delta E = n_1 \Delta E_{\text{пов.}} + n_2 \Delta E_{\text{об.}}, \qquad (1)$$

где n_1 – число возбужденных поверхностных плазмонов, n_2 – число возбужденных объемных плазмонов, причем n_1 и n_2 равны 0, 1, 2, 3……, $\Delta E_{\text{пов.}}$ – энергия поверхностного плазмона, $\Delta E_{\text{об.}}$ – энергия объемного плазмона. Значения энергий поверхностных и объемных плазмонов определяются концентрациями электронов в объеме $N_{\text{об.}}$ и в приповерхностной области $N_{\text{пов.}}$ материала в соответствии с известными соотношениями

$$\Delta E_{\text{пов.}} = \sqrt{\frac{e^{*2}}{2m^{*}\varepsilon\varepsilon_0}} N_{\text{пов.}} h^2 \quad , \quad \Delta E_{\text{об.}} = \sqrt{\frac{e^{*2}}{m^{*}\varepsilon\varepsilon_0}} N_{\text{об.}} h^2 \quad , \qquad (2)$$

где ε – диэлектрическая проницаемость, ε_0 – диэлектрическая постоянная, h – постоянная Планка, e^{*} и m^{*} - соответственно эффективный заряд и эффективная масса электронов.

В таблице 1 приведены значения плазменных потерь для кривых 1 рис. 1 и рис. 2 соответственно, сгруппированные в соответствии с соотношением (1), а на рис. 3 и рис. 4 приведены зависимости плазменных потерь энергии электронов, обработанные с использованием соотношения (1), от величин n_1 и n_2.

Таблица 1

Значения энергии ΔЕ плазменных потерь для бронз $Na_{0,23}V_2O_5$ и $Na_{0,28}V_2O_5$

n_1	1	2	3				
n_2				2	3	4	5
$Na_{0,23}V_2O_5$	1,72	3,62	5,35	9,32	14,1	18,2	23,1
$Na_{0,28}V_2O_5$	1,81	3,90	5,50	9,72	14,2	18,7	23,2

На рис. 3 и 4 зависимости 1 относятся к поверхностным плазмонам, а зависимости 2 – к объемным плазмонам. Как видно на рисунках, плазменные потери хорошо укладываются на прямые линии в соответствии с (1). При этом зависимости рис. 3 и 4 позволяют определить значения энергий поверхностных и объемных плазмонов значительно боле точно, чем по положениям отдельных пиков в спектрах плазменных потерь.

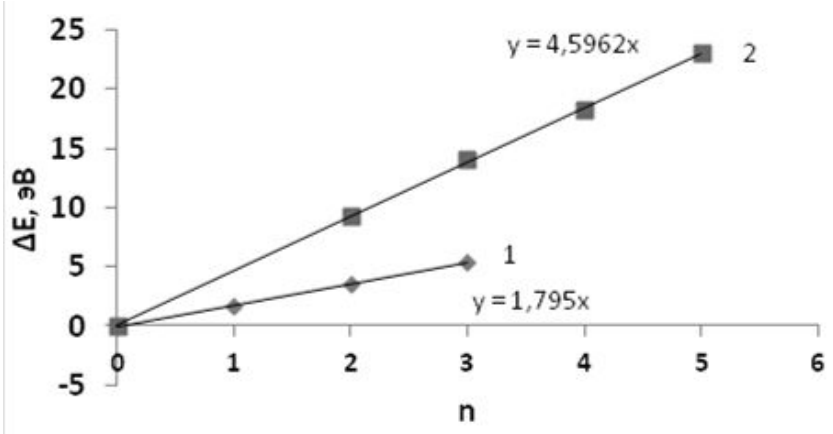


Рис. 3. Плазменные потери энергии электронов для бронзы $Na_{0,23}V_2O_5$

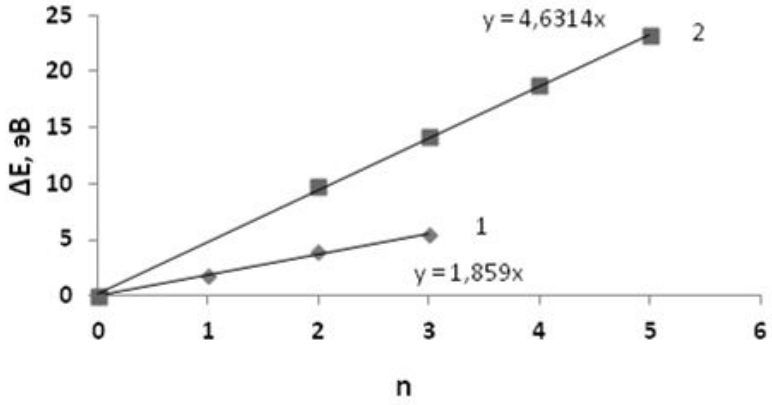


Рис. 4. Плазменные потери энергии электронов для бронзы $Na_{0,28}V_2O_5$

В соответствии с [6] оксидные бронзы являются полупроводниками n-типа, при этом данные по величине эффективного заряда и эффективной массы электронов в бронзах в литературе отсутствуют. В работе [6] диэлектрическая проницаемость бронз оценивается величиной 14. Принимая величины эффективного заряда и эффективной массы электронов в бронзах равными их значениям для свободных электронов, в таблице 2 приведены значения энергий поверхностных и объемных плазмонов, поверхностной и объемной электронной концентрации, а также относительные значения поверхностной и объемной электронных концентраций в бронзах $Na_{0,28}V_2O_5$ и $Na_{0,23}V_2O_5$.

Таблица 2

Параметры плазмонов и электронной концентрации в бронзах

	$\Delta E_{пов.}$	$N_{пов.}$	$\Delta E_{об.}$	$N_{об.}$
$Na_{0,23}V_2O_5$	1,80 эВ	$1,67*10^{27}м^{-3}$	4,60 эВ	$5,44*10^{27}м^{-3}$
$Na_{0,28}V_2O_5$	1,86 эВ	$1,78*10^{27}м^{-3}$	4.63 эВ	$5,51*10^{27}м^{-3}$
N(0,28)/N(0,23)		1,07		1,01

По данным работы [6], проводимость бронз обеспечивается электронами с атомов натрия. Поэтому увеличение поверхностной электронной концентрации в бронзе $Na_{0,28}V_2O_5$ по сравнению с бронзой $Na_{0,23}V_2O_5$ свидетельствует о более высокой поверхностной концентрации натрия в бронзе $Na_{0,28}V_2O_5$ по сравнению с бронзой $Na_{0,23}V_2O_5$.

После окисления натрий ванадиевых оксидных бронз пики характеристических потерь на рис. 1 и рис. 2 сдвигаются вправо, что свидетельствует об увеличении электронной концентрации в бронзах при указанных дозах окисления. Однако разрешающая способность использованного спектрометра оказалась недостаточной для количественной регистрации данного эффекта.

Результаты исследования свидетельствуют о том, что ванадиевые бронзы имеют сложную электронную структуру. Небольшие изменения

кристаллической структуры и положения атомов в кристаллической решетке могут вызвать заметные изменения электронной структуры. В настоящее время отсутствуют данные о точном количестве кислорода как в ранее исследованных в литературе соединениях типа ванадиевых бронз, так и в настоящей работе, что, как известно из исследований высокотемпературных сверхпроводников, может существенно изменить электронные состояния вблизи уровня Ферми. Возможно также, что бронзы типа $Na_xV_2O_5$ является нестехиометрическим не только по кислороду, но и по ванадию – то есть в кристаллической решетке бронз есть вакансии на месте ванадиевых атомов.

Таким образом, результаты исследований оксидных бронз методом спектроскопии характеристических потерь энергии электронами позволили обнаружить аномальное увеличение количества натрия на поверхности монокристаллического образца $Na_{0.28}V_2O_5$ (и, соответственно, электронной концентрации) по сравнению с бронзами других составов, что свидетельствует о высокой подвижности атомов натрия в кристаллической решетке соединения указанного состава. Кроме того, результаты исследований дают основания предполагать, что оксидные бронзы типа $Na_xV_2O_5$ могут быть нестехиометрическим не только по кислороду, но и по ванадию, что может сопровождаться изменением электронных состояний вблизи уровня Ферми.

Библиографический список

1. Yamada H. and Ueda Y. Magnetic, electric and structural properties of β-$A_xV_2O_5$ (A=Na, Ag) // J. Phys. Soc. Jpn. - 1999. - V. 68, No 8. - P. 2735-2740.

2. Heinrich M., Krug von Nidda H.-A., Eremina R. M. et al. Spin dynamics and charge order in β-$Na_{1/3}V_2O_5$ // Phys. Rev. Lett. - 2004. - V. 93. - P. 116402-116406.

3. A. N. Vasil'ev, I. Marchenko, A. I. Smirnov et al. Magnetic ordering in the mixed-valence compound β-$Na_{0,33}V_2O_5$ // Phys. Rev. B. - 2001. - V. 64. - P. 174403-174409.

4. Yamauchi T, Ueda Y, Môri N. Pressure-induced superconductivity in β-$Na_{0,33}V_2O_5$ beyond charge ordering // Phys Rev Lett. - 2002. - V. 89(5). - P. 057002-057006.

5. Капустин В.И., Петров В.С., Черноусов А.А. // Письма ЖТФ, 2004, Т. 30, вып. 17, С. 19.

6. Фотиев А.А., Волков В.А., Капусткин В.К. Оксидные ванадиевые бронзы. - 1978. - М.: Из-во «Наука». – 176 с.

7. Добрецов Л.Н., Гомоюнова М.В., Эмиссионная электроника. – 1966. - М.: «Наука». – 564 с.

УДК 621.316.9.06

ПРИНЦИП ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК ОТ ДУГОВЫХ ЗАМЫКАНИЙ

Битюков В.К., Монаков В.К., Кудрявцев Д.Ю.,
МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Одним из наиболее опасных аварийных режимов в электрических сетях и электроустановках является режим аварийного короткого замыкания (КЗ), приводящего к пожарам в электроустановках и кабельном хозяйстве. Многочисленные исследования [1] показывают, что аварийное КЗ – это, как правило, дуговое КЗ, сопровождающееся выделением энергии в месте КЗ и развитием высокой температуры – до 3000 градусов. При этом ток дугового КЗ всегда меньше тока металлического КЗ в цепи с идентичными параметрами, что может явиться причиной несрабатывания установленных в цепи защит. В целом обнаружение загорания дуги в электроустановке является довольно сложной технической задачей в силу трудности выделения сигнала, свидетельствующего о загорании в электроустановке электрической дуги (параллельной или последовательной).

На загорание параллельной дуги при достаточно большом значении тока реагируют устройства защиты от сверхтоков (автоматический выключатель или плавкая вставка), а при появлении последовательной дуги ток может вообще не увеличиться, так как дуга обладает сопротивлением, большим, чем сопротивление проводов. Дуговое замыкание на землю является утечкой тока и распознаётся УЗО. Поэтому наиболее сложной и актуальной задачей является поиск критериев, позволяющих достоверно распознавать *последовательное дуговое замыкание* по электрическим сигналам.

В 2000-е годы сначала в США, а затем и в России был получен ряд патентов [2–4] на новый класс электрозащитных приборов – УЗДЗ (устройств защиты от дуговых замыканий), в практике США – AFCI (Arc Fault Circuit Interrupter).

В США, где проблема предотвращения пожаров стоит довольно остро (более 40000 пожаров ежегодно), национальные электротехнические нормы National Electrical Code (NEC) в соответствии с нормами лаборатории Underwriters Laboratories (UL) в 2008 году выпустили предписание об обязательном применении УЗДЗ в бытовых электроустановках UL 1699 [5]. Ряд фирм представил на рынок несколько типов этих устройств – Eaton (BR120AF), Murray (MP-AT), Siemens (Q115AFP).

В Европе устройства данного типа пока не получили распространения, хотя в 2011 году Союзом немецких электротехников (VDE) был сделан первый шаг в этом направлении и опубликован проект стандарта на

данные устройства [6].

В данной работе описан вариант решения задачи распознавания последовательного дугового замыкания в электроустановке. На основе обобщённого представления о коммутационных процессах построена модель и введено ключевое понятие нестационарного коммутационного процесса. Предложен способ выделения из суммарных электрических сигналов электроустановки – тока нагрузки и напряжения на нагрузке – сигналов, характерных для этого процесса [7].

Нагрузка электроустановки представляет собой совокупность электроприёмников, включённых параллельно друг другу. Полагается, что мгновенное напряжение одинаково для всех электроприёмников и равно напряжению на линии $u(t)$. При возникновении последовательного дугового замыкания на линии некоторые электроприёмники оказываются подключенными к источнику энергии через электрическую дугу. Таким образом, нагрузку можно сгруппировать в два блока (рис.1.а): электроприёмники $1,...,m$, в которых возникло искрение (он может быть и один) и остальная нагрузка $(m \quad 1),...,n$. Блоки получают питание от одного источника и включены параллельно. В соответствии с этим ток нагрузки также разделяется на два слагаемых:

$$i(t) \quad \sum_{k \ 1}^{m} i_k(t) \quad \sum_{l \ m \ 1}^{n} i_l(t) \quad i_{сиг}(t) \quad i_{фон}(t); \qquad (1)$$

где $i_{сиг}$ – ток, содержащий в себе сигнал о возникшем дуговом замыкании, $i_{фон}$ – ток неповрежденной цепи, т.е. фоновой составляющей. По условиям рассматриваемой задачи ток, проходящий через разрядный промежуток, несёт полезную информацию, а ток, минующий разряд, является помехой, или фоном.

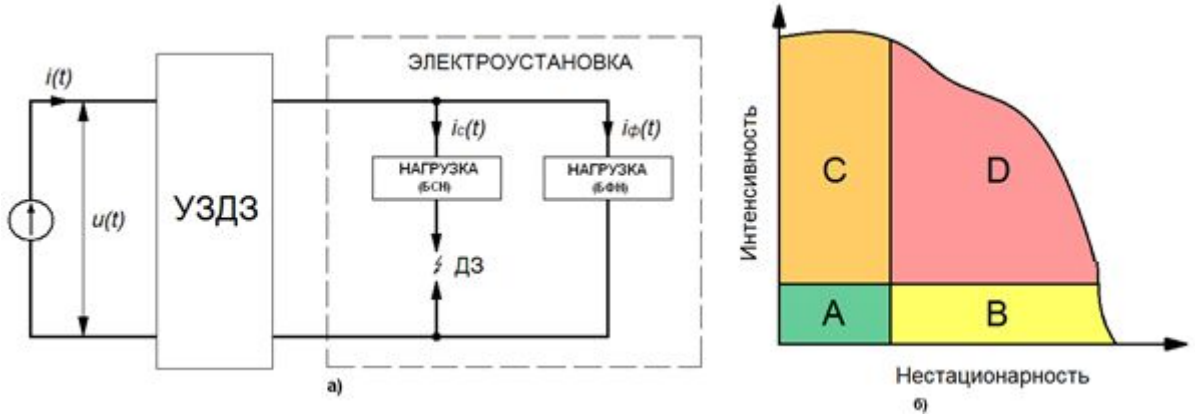


Рис.1. а – структурная схема электроустановки, поясняющая группировку потребителей. БСН – блок сигнальной нагрузки, БФН – блок фоновой нагрузки, ДЗ – дуговое замыкание. б – диаграмма, иллюстрирующая классификацию коммутационных процессов.

Предложена стохастическая модель, описывающая последовательности коммутаций в электроустановке. Существенными характеристиками этого процесса являются интенсивность (средняя энергия коммутаций за единичный промежуток времени, т.е. средняя мощность коммутаций) и стационарность (постоянство вероятностных свойств во времени). Показано, что коммутационный процесс, порождённый дуговым замыканием, нестационарен. Однако при достаточно малой интенсивности он не представляет большой опасности, так как не способен вызвать возгорание.

По этим атрибутам последовательности коммутаций были классифицированы (рис. 1.б):

A. Стационарные процессы малой интенсивности порождаются электроприёмниками малой мощности (коллекторные электродвигатели, импульсные преобразователи, стабилизаторы и пр.).

B. Нестационарные процессы малой интенсивности порождаются единичными коммутациями электроприёмников (оператором или исполнительными механизмами), либо дуговым замыканием на маломощных нагрузках.

C. Стационарный процесс большой интенсивности порождается электроприёмниками большой мощности (коллекторные электродвигатели, импульсные преобразователи, стабилизаторы и пр.).

D. Нестационарный процесс большой интенсивности порождается искрением и дуговым разрядом (в соединительных узлах, кабелях и т.д.).

При дуговом замыкании энергия коммутации представляет собой энергию, рассеянную на разряде. Разряд протекает, как правило, в малом объёме V, т.е. локализован в пространстве, так что источник тепла можно считать точечным (рис.2). Поскольку объём V связан с окружающей средой (система диссипативная), то неравновесное тепло будет рассеиваться, вызывая остывание объёма по экспоненциальному закону (в простейшей модели).

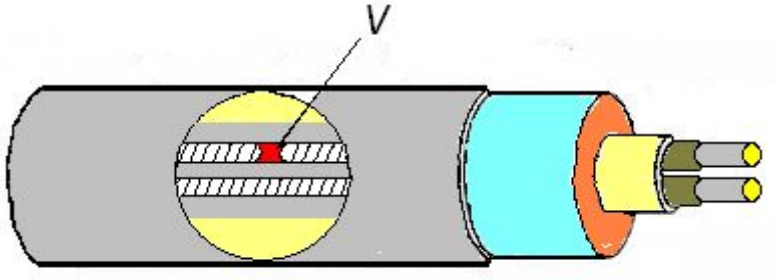


Рис. 2. Последовательное дуговое замыкание в кабеле при обрыве проводника.

Выражая температуру объёма в момент времени $t \quad dt$ через температуру в момент t (считая без ограничения общности, что равновесная температура равна нулю):

$$T(t \quad dt) \quad T(t)e^{\quad dt} \quad T, \qquad \text{где } T \quad \frac{dQ}{cm} \quad \frac{P_{раз}dt}{cm} \tag{2}$$

Тогда $dT \quad T \quad e^{\quad dt} \quad 1 \quad \frac{P_{раз}}{cm}dt$, а поскольку $e^{\quad dt} \quad 1 \quad dt \quad o(dt)$ по базе $dt \quad 0$, то $dT \quad T \quad dt \quad o(dt) \quad \frac{P_{раз}}{cm}dt$, $\frac{dT}{dt} \quad T \quad o(1) \quad \frac{P_{раз}}{cm}$. После перехода к пределу по базе $dt \quad 0$ окончательно получено линейное неоднородное дифференциальное уравнение первого порядка:

$$\frac{dT}{dt}(t) \quad T(t) \quad \frac{P_{раз}(t)}{cm} \tag{3}$$

Это уравнение теплового режима объёма, в котором происходит разряд, т.е. оно является уравнением теплопроводности (теплопереноса) в некоторой интегральной форме.

Мощность (источника тепла) $P_{раз}(t)$ следует считать воздействием, а температуру $T(t)$ – реакцией тепловой системы.

Для разработки защиты от дугового замыкания, т.е. нестационарного коммутационного процесса рассмотрено сопротивление разряда – источника нестационарного коммутационного процесса, которое считается случайным процессом и обозначено $R_{раз}(t, \quad)$. Разряд индуцирует случайные процессы $i_{сиг}(t, \quad)$ и $P_{раз}(t, \quad)$, описывающие ток разряда и мощность на разряде соответственно:

$$i_{сиг}(t, \quad) \quad \frac{u_{раз}(t, \quad)}{R_{раз}(t, \quad)}, \tag{4}$$

$$P_{раз}(t, \quad) \quad i_{сиг}^2 \quad R_{раз} \quad (t, \quad) \quad i_{сиг} \quad u_{раз} \quad (t, \quad) \tag{5}$$

ЭДС источника, как правило, обладает свойством периодичности или хотя бы стационарности (постоянная, синусоидальная, периодическая, медленно меняющаяся и т.д.). Сопротивление большинства электрических нагрузок в рабочем режиме достаточно регулярно (линейное, нелинейное, периодически меняющееся и т.д.). Поэтому в рабочем режиме работы ток нагрузки (случайный процесс $i_{фон}$) обладает свойством периодичности или стационарности, в отличие от тока разряда $i_{сиг}$. Этими свойствами обладают и соответствующие компоненты мощности $P \quad i \quad u \quad (i_{сиг} \quad i_{фон}) \quad u \quad i_{сиг} \quad u \quad i_{фон} \quad u \quad P_{сиг} \quad P_{фон}$.

Для синтеза распознающей системы за контролируемую величину принята усреднённая по объёму источника нестационарного коммутационного

процесса температура, а за уставку – температура возгорания изоляции, контактирующей с разрядом. Температура вычислена с помощью уравнения (3), с учетом теплофизических параметров и мощности из уравнения (5).

Интегрированием этой оценки по фрагменту T, получена оценка энергии $W_{раз}(t)$, рассеянной на разряде за время T:

$$W_{раз}(t) \quad \int_{t\ T} |P(\ ) \quad P(\quad T)|d \quad \int_{t\ T} |(u\ i)(\ ) \quad (u\ i)(\quad T)|d \qquad (6)$$

Для ослабления влияния помех, порождаемых переходными процессами в электроустановке и способных вызвать ложное срабатывание устройства защиты, введены фильтр высоких частот и амплитудный дискриминатор полосового типа, предшествующие интегрирующему фильтру (рис.3).

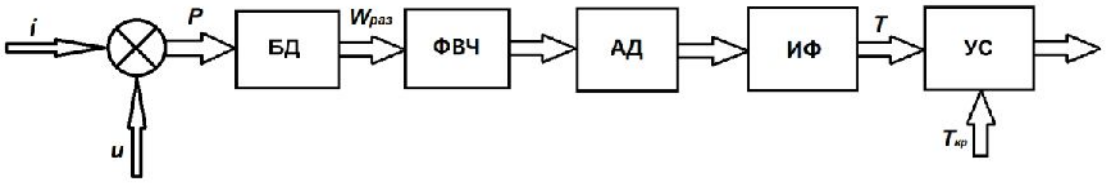


Рис.3. Структурная схема распознающей системы
(БД – блок дискриминации, ФВЧ – фильтр высоких частот,
АД – амплитудный дискриминатор, ИФ – интегрирующий фильтр,
УС – устройство сравнения).

Алгоритм распознавания дуги представляет собой процесс одновременной обработки двух сигналов, выделяемых из измеренных значений тока контролируемой цепи, и сравнения полученных уровней этих сигналов с заданными уставками. Сигнал напряжения используется для синхронизации. Структурная схема устройства, реализующего данный алгоритм, представлена на рис.4.

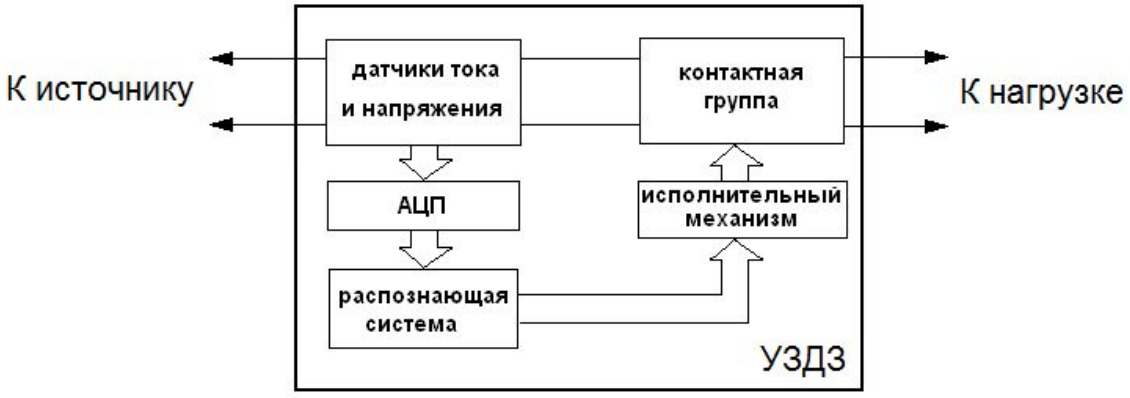


Рис.4. Структурная схема цифрового УЗДЗ.

Работа новых устройств заключается в мониторинге процессов в контролируемой цепи и выделении сигналов, свидетельствующих о загорании в электроустановке электрической дуги. Описан вариант решения задачи, построена стохастическая модель процесса, разработаны алгоритм распознавания дуги и структурная схема устройства защиты.

Библиографический список

1. Шиша М., Александров В., Рычагов В. Влияние электрической дуги на ток КЗ в сетях напряжением до 1 кВ. Новости электротехники №4, 2014.
2. Andy A. Haun, Robert F. Dvorak, Brett E. Larsen. Arc Fault Protection Device // патент США №6567250. – 2003.
3. Bruce F. Macbeth, Tab Cox. Upsrtream/Downstream Arc Fault discriminator // патент США №6987389. – 2006.
4. Монаков В.К., Минченко А.В., Козырев А.А. Устройство защиты электроустановок с функцией детектирования аварийной электрической дуги // Патент РФ №117686. – 01.08.2011.
5. UL 1699 «Arc-Fault Circuit-Interrupters» – NFPA 70. – the National Electrical Code (NEC). – Section 210-12.
6. DIN IEC 62606 (VDE 0665-10) «General requirements for arc fault detection devices». – 2012-02.
7. Монаков В.К., Битюков В.К. Устройство защиты электроустановок от дуговых замыканий // Материалы XI международной научно-практической конференции «Инновации на основе информационных и коммуникационных технологий, ИНФО-2014». Сочи: 1-10 октября 2014. С.375-377.

УДК 539.12:537.63:537.868

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕЛЯТИВИСТКОЙ ЗАРЯЖЕННОЙ ЧАСТИЦЫ В ПОЛЕ АМПЛИТУДНО-МОДУЛИРОВАННОЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ВОЛНЫ

Копытов Г. Ф., Мартынов А.А., Акинцов Н.С., Алексеенко С.Р.
ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный университет», Россия

Исследование энергетических характеристик заряженной частицы в поле амплитудно-модулированной электромагнитной волны представляет интерес в связи с практической разработкой многочастотных лазеров, мощной релятивистской ВЧ - электроники и развитием техники модуляции

лазерного излучения. Взаимодействия заряженных частиц со сверхкороткими лазерными импульсами фемтосекундной длительности и с интенсивностями излучения до 10^{22} Вт/см^2 является одним из основных направлений лазерной физики в настоящее время. Релятивистские электроны во внешних полях большой интенсивности излучения обладают целым рядом привлекательных свойств: высокой интенсивностью, резкой направленностью, поляризацией.

Изучению динамики электрона в электромагнитном поле на основе уравнение Ньютона с силой Лоренца посвящен ряд работ. В данной работе полагается, что амплитуда эллиптически поляризованной электромагнитной волны модулирована по гармоническому закону

$$A \quad A\,1 \quad \cos \quad {}_1 \quad ,$$

где A – постоянная часть амплитуды. Будем читать, что волна распространяется вдоль оси z. В этом случае компоненты векторов электрического и магнитного поля волны определяются выражением

$$\begin{aligned} E_x \quad H_y \quad b_x \; 1 \quad \cos \quad {}_1 \quad \cos \quad , \\ E_y \quad H_x \quad f b_y \; 1 \quad \cos \quad {}_1 \quad \cos \quad , \\ E_z \quad H_z \quad 0, \end{aligned} \qquad (1)$$

где – глубина модуляции, оси x и y совпадают с направлением полуосей эллипса поляризации волны b_x и b_y, причем $b_x \quad b_y \quad 0$; $t \quad z / c$; – частота несущей волны; ${}_1$ – частота модуляции; $f \quad 1$ – параметр поляризации: верхний знак для E_y соответствует правой поляризации, а нижний – левой [1].

Таким образом, гармонически амплитудно-модулированная волна есть совокупность трех монохроматических волн с частотами , ${}_1$ и ${}_1$. Совокупность этих трех монохроматических волн и составляет заданную немонохроматическую волну, описываемую (1).

Уравнение движения дополняется начальными условиями для скорости и положение электрона:

$$\boldsymbol{V} \;\; 0 \quad \boldsymbol{V}_0, \; \boldsymbol{r} \;\; 0 \quad \boldsymbol{r}_0. \qquad (2)$$

Из релятивистского уравнения движения заряженной частицы в поле амплитудно-модулированной электромагнитной волны и условий (1) и (2) получен следующий результат для максимальной средней кинетической энергии частицы, усредненной по периоду её колебаний

$$- \quad {}_{max} \quad mc^2 \quad mc^2 \frac{}{4} \quad \frac{3}{4} \quad 1 \quad \frac{mc^2}{16\,1} \quad {}^2 \quad {}^2 \quad \frac{1}{h} \quad \frac{1}{2} \quad 9 \quad {}^2 \quad {}^4 \quad \frac{}{8} \qquad (3)$$

где mc^2 – энергия покоя заряженной частицы; ^{2} $^2/k_i^2$; – глубина модуляции волны; k_i [0;1) – параметр определяющий отношение частот = и = к частоте несущей волны , а по индексу $i = 2,3$ проводится суммирование; – частота модуляции.

В формуле для максимальной средней кинетической энергии частицы параметры h и определяется выражением:

$$h \quad \frac{3}{4} \quad \frac{^2}{4} \quad 1 \; ; \qquad \frac{q \quad b}{mc} \quad ^2 \quad \frac{2q^2}{m^2c^5} I \quad ^2; \tag{4}$$

здесь I c $^2b^2/4$ интенсивность волны; 2 $c/$ – длина волны; параметр эллиптичности 1 – соответствует линейной поляризации, а при $1/\sqrt{2}$ – круговой поляризации. В остальных случаях величина соответствует эллиптической поляризации 0 1 [2].

Полученная формула содержит явную зависимость от начальных данных: амплитуды электромагнитной волны, глубины модуляции, частоты несущей волны, частоты модуляции, интенсивности, фазы волны и её поляризации, что позволяет проводить практические расчеты. При отсутствии модуляции (= 0) получаем формулы для случая линейной поляризации, а при начальной фазе Φ_0 $\pi/2$, $3\pi/2$ для круговой поляризации из [3]. Приведенные результаты могут использоваться для интерпретации экспериментов с плазмой, помещенной во внешнее электромагнитное поле.

Библиографический список

1. Копытов Г. Ф., Оксузян С.С., Тлячев В.Б. К вопросу о характеристиках излучения электрона в модулированном электромагнитном поле // Ред. журн. Изв. вузов. Физика. Томск, 1987. 15 с. Деп. в ВИНИТИ 14.09.85, № 7353-87.

2. Аззам Р., Башара Н. Эллипсометрия и поляризованный свет. – М.: Мир, 1981.– 583 с.

3. Андреев С.Н. Макаров В. П., Рухадзе А.А. О движении заряженной частицы в поле плоской монохроматической электромагнитной волне // Квантовая электроника. 2009. Т. 39. № 1. С. 68–72.

УДК: 53.082.16

ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ АКСЕЛЕРОМЕТРА, ГИРОСКОПА И ГЕОМАГНИТНОГО ДАТЧИКА, ВЫПОЛНЕННЫХ ПО ТЕХНОЛОГИИ МИКРОЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Жуков В.Г., Мельников О.А., Жуков А.Г., Абраменков С.Н., Крымов Р.В., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия,
Жукова Ю.И., «Никея», Москва, Россия

В статье проведено исследование гироскопа, акселерометра и магнитометра выполненных по технологии микроэлектромеханических систем (МЭМС-технологии), установленных на оценочной демонстрационной плате.

Ключевые слова: стенд, сенсор, гироскоп, акселерометр, геомагнитный датчик, МЭМС, MCT, микроэлектромеханика, АЦП, фильтр, графическая среда, интерфейс, LabVIEW, USB, STM32F3DISCOVERY, L3GD20, LSM303DLHC.

Введение

Основную часть МЭМС-компонентов занимают всевозможные датчики, которыми оснащаются практически все передовые электронные устройства. В частности, к таким компонентам относятся МЭМС гироскопы, акселерометры и магнитометры, которые широко используются в потребительской, аэрокосмической и военной электронике. Для исследования работы МЭМС-компонентов собран лабораторный стенд, состоящий из серийно выпускаемой оценочной демонстрационной платы STM32F3DISCOVERY, с установленными на ней 3-х осевым цифровым гироскопом, 3-х осевым линейным цифровым акселерометром, совмещенным с 3-х осевым цифровым магнитометром, под управлением 32-битного микроконтроллера. Интерфейс пользователя лабораторного стенда и программа обработки цифровых данных от МЭМС-компонентов реализованы в графической среде разработки LabVIEW. Специально спроектированный и написанный интерфейс в графической среде разработки LabVIEW в значительной мере превосходит функционал комплектного программного обеспечения поставляемого для ознакомительных целей с оценочной демонстрационной платой.

1. Структура лабораторного стенда

Для создания лабораторного испытательного стенда по изучению

МЭМС гироскопов, акселерометров и магнитометров использованы:

- оценочная демонстрационная плата STM32F3DISCOVERY STMicroelectronics с USB интерфейсом под управлением 32-битного микроконтроллера STM32F303VCT6 и установленными на ней 3-х осевым цифровым гироскопом L3GD20, 3-х осевым линейным цифровым акселерометром и 3-х осевым цифровым магнитометром LSM303DLHC;
- персональный компьютер под управлением операционной системы Windows;
- пакет графической среды разработки LabVIEW.

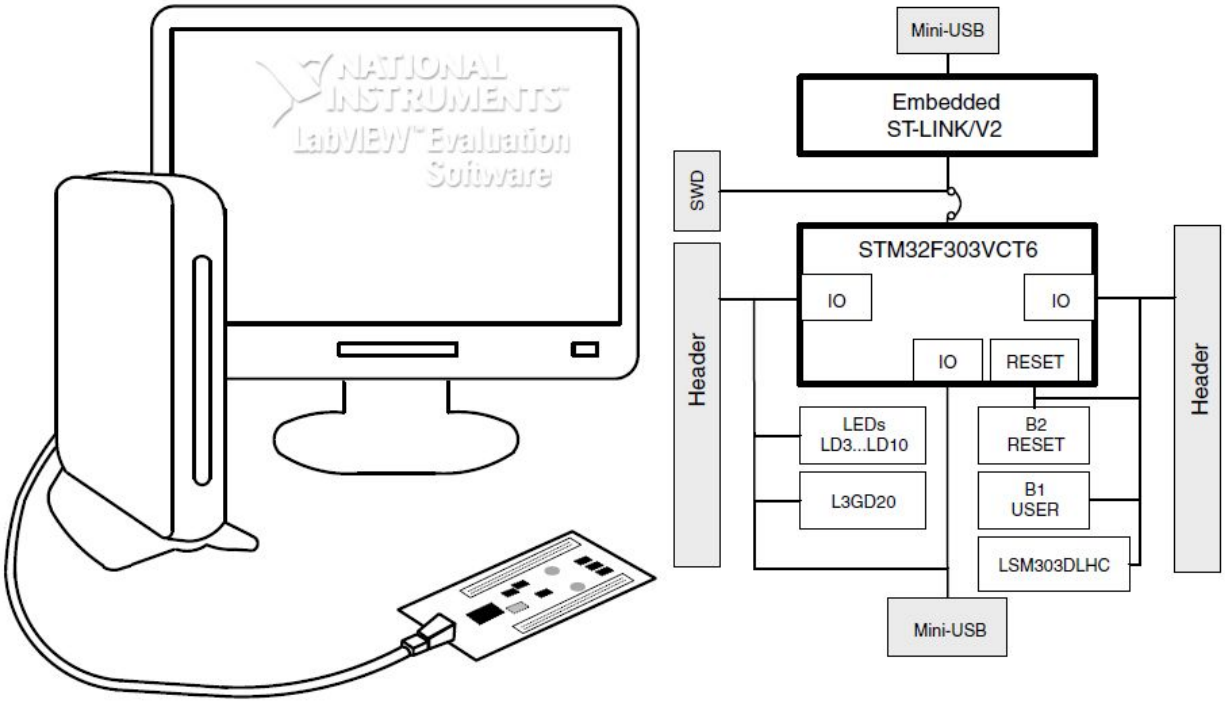


Рис. 1 Функциональная схема лабораторного испытательного стенда

Используемый в оценочной демонстрационной плате МЭМС-компонент L3GD20 является 3-х осевым гироскопом, который регистрирует угловые ускорения. Для этого в миниатюрном корпусе LGA-16 с размерами 4x4x1мм размещено три микроэлектромеханические системы, каждая из которых сориентирована по своей оси. Регистрация угловых ускорений по каждой оси осуществляется измерением емкости между статическим (неподвижным) проводящим слоем, напыленным (выращенным) на пьедестале, и проводящим слоем, находящимся на подвижном элементе, выполненном по МЭМС-технологии. В процессе измерения емкости между подвижной и неподвижной обкладкой конденсатора формируется аналоговый сигнал, который пропорционален перемещению вследствие внешнего воздействия на маятник, чувствительный к угловым ускорениям. Полученный аналоговый сигнал с информацией об

угловом ускорении усиливается и смешивается с сигналом от вибрационного привода для создания искусственного шума и устранения (снижения) уровня нечувствительности гироскопа к начальным ускорениям вблизи нулевых величин. Комплексный аналоговый сигнал проходит фильтрацию нижних частот, оцифровывается аналого-цифровым преобразователем с заданной дискретностью и поступает в блок цифровой обработки, в котором производится цифровая фильтрация сигнала и выполняются расчеты в соответствии с физическими характеристиками чувствительного элемента и установленными параметрами схемы преобразования сигнала. На выходе гироскопа полученный с каждой из 3-х осей датчиков угловых ускорений цифровой сигнал поступает во встроенный 32-слотовый 16-битный буфер данных FIFO, предназначенный для каждого выходного канала: угол, тангаж и крен. Сформированные данные передаются по цифровому последовательному интерфейсу I2C/SPI в 32-битный микроконтроллер STM32F303VCT6, установленный на оценочной демонстрационной плате.

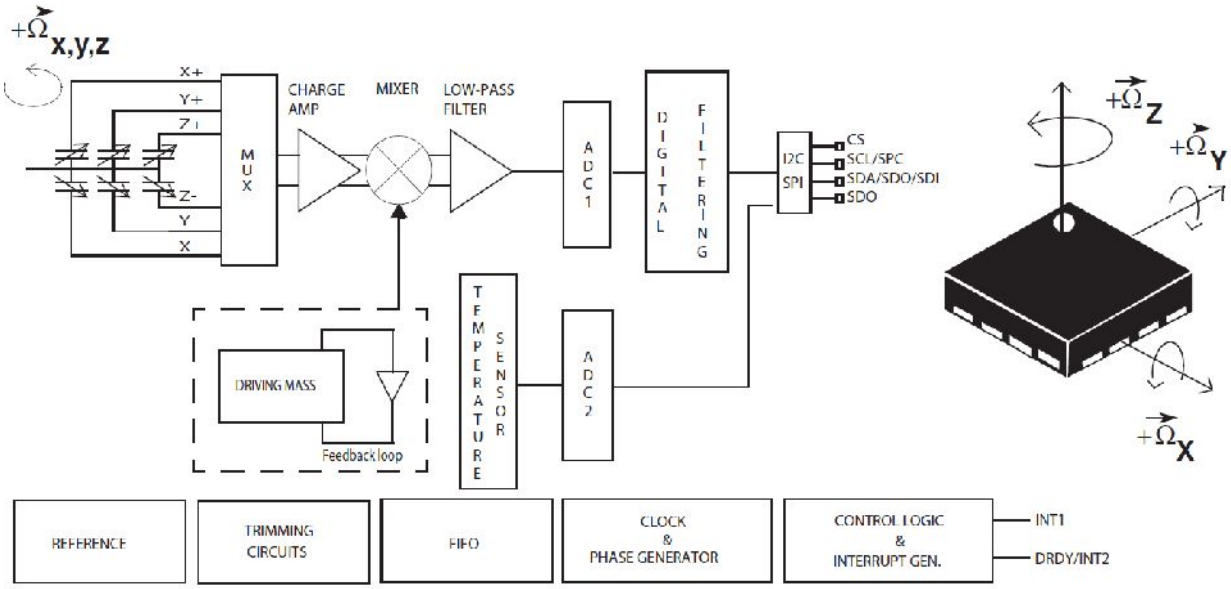


Рис. 2 Блок-схема гироскопа L3GD20

Второй МЭМС-компонент LSM303DLHC, используемый в оценочной демонстрационной плате, сочетает в себе 3-х осевой линейный акселерометр и 3-х координатный цифровой геомагнитный датчик (компас). Блоки из 3-х линейных акселерометров и 3-х геомагнитных датчиков размещаются в миниатюрном корпусе типа LGA-14 с размером 3x5x1мм. Данные с каждого компонента передаются по последовательному интерфейсу шины данных I2C.

Акселерометр выполнен по специально разработанной 3D-МЭМС-технологии для каждой из 3-х осей. В структуре элемента датчика находятся высокоточные чувствительные элементы для определения ускорений, сориентированные по 3-м осям, и вспомогательная электроника обработки и преобразования. Чувствительный элемент акселерометра выполнен в виде взаимного емкостного элемента с выводами от обкладок конденсатора, центральный (подвижный) элемент которого перемещается в зависимости от внешнего воздействия на корпус МЭМС. В зависимости от приложенного линейного ускорения на элемент, происходит векторное разложение по каждой координатной оси, тем самым каждый акселерометр выдает аналоговый сигнал, пропорциональный разложению вектора приложенного линейного ускорения.

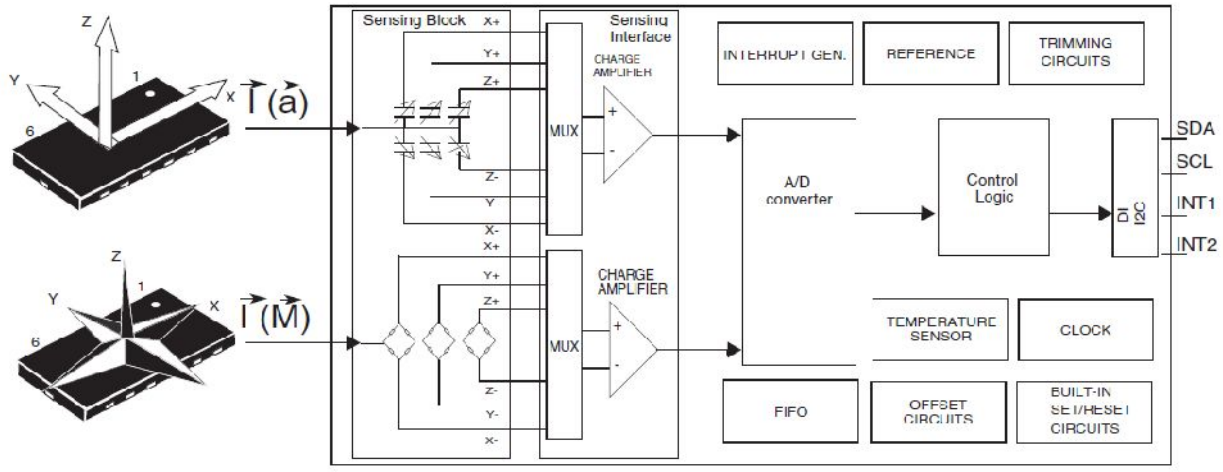


Рис. 3 Блок-схема акселерометра и геомагнитного датчика LSM303DLHC

В 3D-компасе реализован геомагнитный датчик, состоящий из 3-х чувствительных блоков, сориентированных каждый по своей оси. В основе регистрации магнитной составляющей использован мост с анизотропным магниторезистивным эффектом для регистрации магнитного поля по каждой из 3-х осей.

После аналогового усиления сигнала каждым чувствительным каналом он оцифровывается аналого-цифровым преобразователем. Над цифровыми сигналами, полученными с каждого из 6-ти каналов, проводятся математические вычисления в блоке арифметико-логического устройства, после чего полученные данные через буфер FIFO передаются по последовательному интерфейсу I2C.

Все данные, передаваемые по последовательной шине данных I2C с МЭМС-компонентов, установленных на оценочной демонстрационной

плате STM32F3DISCOVERY, следуют в 32-битный микроконтроллер STM32F303VCT6. Данные с демонстрационной платы по стандартному USB интерфейсу передаются на порт персонального компьютера под управлением Windows с интерфейсом пользователя и программой обработки цифровых данных, выполненные в графической среде разработки LabVIEW..

2. Выводы

Использование оценочной демонстрационной платы STM32F3DISCOVERY в лабораторном испытательном стенде, с установленными на ней МЭМС-компонентами, позволило провести в сжатые сроки испытания готовящихся к серийному использованию новых МЭМС гироскопов, акселерометров и магнитометров. Работа с данными передаваемыми от МЭМС-компонентов по шине I2C и совместное применение графической среды разработки LabVIEW позволила выполнить испытания МЭМС гироскопов, акселерометров и магнитометров, в том числе проверить и сравнить выполняемые преобразования в структуре самих компонентов.

Библиографический список:

1. Т. Джефферти. LabVIEW для всех. – М.: ДМК Пресс, 2005.
2. П. А. Бутырин, Т. А. Васильковская, В. В. Каратаев, С. В. Материкин. Автоматизация физических исследований и эксперимента: компьютерные измерения и виртуальные приборы на основе LabView 7 (30 лекций). – М.: ДМК Пресс, 2005.
3. В. Г. Жуков. Лабораторный практикум по изучению радиопеленгатора, с использованием виртуальной среды разработки LabView 7.1. – М.: Сборник трудов конференции. Международная научно-практическая конференция. Образовательные, научные и инженерные приложения в среде LabVIEW и технологии National Instruments, стр.39-44, 2005.
4. В. Г. Жуков, С. А. Шевчик, К. Г. Линьков, В. Б. Лощенов. Система температурной стабилизации. – М.: Сборник трудов конференции. Международная научно-практическая конференция. Образовательные, научные и инженерные приложения в среде LabVIEW и технологии National Instruments, стр.71-80, 2007.
5. В. Г. Жуков. Лабораторный практикум по изучению датчиков гироскопа, акселерометра и магнетометра, выполненных по технологии микроэлектромеханических систем на демонстрационной плате. – М.: Сборник трудов конференции. XIII международная научно-практическая конференция. стр.443-446, 2014..

УДК: 519.677

ТЕОРЕТИКО-ЧИСЛОВЫЕ АСПЕКТЫ ШИФРА ХИЛЛА ДЛЯ МАТРИЦ 32-ГО ПОРЯДКА

Антипин Н.А., Манеев Р.Ю., Федулов Ф.А.,
МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Введение

В настоящее время проблемам передачи и хранения информации уделяется огромное внимание. Непрерывно также возрастает актуальность задач защиты информации во всех сферах человеческой деятельности. В настоящей работе рассмотрены теоретические основы и вопросы применимости шифра Хилла для шифрования и дешифрования информации. Проведено исследование скорости поблочной обработки текста с алфавитом из 256 символов матрицами 32-го порядка..

1. Теоретические основы шифра Хилла

Начнем с рассмотрения квадратных матриц порядка n. Пусть имеется матрица M порядка n с отличным от 0 определителем, тогда[1] она имеет обратную матрицу M^{-1} того же порядка. Причем, если $M=|a_{ik}|$; $M^{-1}=|b_{ik}|$, то[1] $b_{ik}=A_{ki}/\Delta$, где $A_{ki}=(-1)^{k+i}M_{ki}$, где A_{ki} – алгебраическое дополнение элемента a_{ki} матрицы M, а M_{ki} – минор элемента a_{ik} той же матрицы, а Δ является её определителем. Мы знаем[1], что $P=|p_{kj}|= M^{-1}*M =E$, где E единичная матрица. Рассмотрим элемент $p_{kj}= \sum_{i=1}^{n} b_{ki}*a_{ij}= \sum_{i=1}^{n} A_{ik} /\Delta *a_{ij} = \sum_{i=1}^{n} M_{ik}*(-1)^{i+k} /\Delta* a_{ij}$. Если k=j, то $p_{jj}=1$ и при k отличных от j $p_{kj}=0$. Зная[2], что операции сложения, вычитания и умножения в модулярной арифметике сохраняют свои основные свойства (ассоциативность, дистрибутивность…), легко заметить, что элементы p_{kj} сохранят свои значения и в кольце вычетов Z_m(тогда элементы матриц M и M^{-1} тоже должны ему принадлежать). Действительно, $p_{kj}= \Delta*\Delta^{-1} * 1/\Delta * \sum_{i=1}^{n} M_{ik}*(-1)^{i+k}* a_{ij} \bmod m=\Delta^{-1} * \sum_{i=1}^{n} M_{ik}*(-1)^{i+k}* a_{ij} \bmod m = \sum_{i=1}^{n} M_{ik}*(-1)^{i+k}* \Delta^{-1} *a_{ij} \bmod m$, где Δ^{-1}- есть элемент обратный Δ в кольце вычетов Z_m (этот элемент существует, если наибольший общий делитель Δ и m равен 1[3]). Аналогично $P^*= M*M^{-1} =E$ и $p^*_{kj}= \sum_{i=1}^{n} M_{ji}*(-1)^{i+j} /\Delta* a_{ki}$, причем элементы p^*_{kj} также сохраняют свои значения в кольце вычетов Z_m при замене деления на Δ умножением на Δ^{-1}. Затем рассмотрим произведение произвольного вектора d с элементами из кольца вычетов Z_m на матрицы P и P^*:

$$P*d \bmod m \text{ и } P^* * d \bmod m.$$

l-й элемент первого произведения определяется из формулы

$\sum_{i=1}^{n} p_{li}*d_i \bmod m = \sum_{i=1}^{n} d_i \sum_{t=1}^{n} M_{tl}*(-1)^{t+l}* \Delta^{-1} *a_{ti} \bmod m$, то есть получаем просто *l*-й элемент вектора d или при рассмотрении всего произведения вектор d . Совершенно аналогично для второго произведения получаем просто вектор d. На этом и заканчивается теоретическое обоснование.

2. Описание числовых аспектов шифра Хилла

Элементы матрицы C порядка n состоят из чисел от 0 до m-1, при этом одинаковые числа не запрещены. Произведение матриц в шифре Хилла несколько отличается от обычного: вместо элементов традиционного произведения берутся их остатки от деления на m. Матрица C в шифре Хилла должна быть обратима. В данном случае обратимость матрицы проверяется по определенному, а не традиционному умножению. Пусть D-обратная матрица, тогда CD и DC должны быть единичными, но используется новый вариант умножения. Приведем пример: пусть m=5, C-следующая матрица:

$C = \begin{matrix} 2 & 3 \\ 0 & 4 \end{matrix}$, тогда обратная для C:

$D = \begin{matrix} 3 & 4 \\ 0 & 4 \end{matrix}$.

Получаем следующее:

$$CD = \begin{matrix} 6 & 20 \\ 0 & 16 \end{matrix}, \quad DC = \begin{matrix} 6 & 25 \\ 0 & 16 \end{matrix}.$$

Итак, обе полученные матрицы не являются единичными. Но, вспоминая, что у нас другое умножение, вместо имеющихся элементов нужны остатки от деления m=5, получим, что данные матрицы единичные. Также необходимо, чтобы определитель матрицы Δ и количество символов m не имели общих делителей.

Шифр Хилла (криптосистема Хилла) работает по следующему алгоритму:

1) Открытый текст разбивается на блоки размером n. Если длина текста не кратна n, в хвост текста добавляются недостающие символы заполнения (например, пробелы или случайно сгенерированные символы).

2) Каждый блок представляется в виде вектора v. Если i-ый символ блока имеет номер k в алфавите, то v(i)=k. Например, если алфавит - A,B,C,...,Z, A=0, B=1,...,Z=25 то DB=(3,1). Далее ищется произведения CV так, как было описано выше (по модулю m). В результате получается вектор w. По вектору w восстанавливаем блок шифрованного текста: если w(i)=k, то i-м символом блока шифрованного текста является символ, имеющий номер k в алфавите.

3) Блоки шифрованного текста сцепляются в единый текст.

Если термины открытый текст и шифрованный поменять местами, а вместо матрицы C применить D, будет выполнено дешифрование (также

возможны системы, где в качестве шифрующей, например используется матрица построенная из произведения p матриц C, тогда в качестве дешифрующей необходимо брать матрицу, полученную произведением p матриц D).

Пример. Покажем, как действует шифр Хилла, на несложном примере. Алфавит английский, A=0,B=1,...,Z=25 (m=26). Длина блока n=3, матрицы:

$$C \text{ (для шифрования)} = \begin{matrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 6 & 3 \\ 0 & 5 & 0 \end{matrix};$$

$$D \text{ (для дешифрования)} = \begin{matrix} 1 & 17 & 0 \\ 0 & 0 & 21 \\ 0 & 9 & 10 \end{matrix};$$

Зашифруем слово MRHILL. В данном случае открытый текст имеет 2 блока: MRH, ILL. Блоку MRH соответствует вектор v=(12,17,7); C*v=(53 mod26, 123 mod26, 85 mod26)=(1, 19,7)=BTH. Блок ILL: v=(8,11,11), Cv=(41 mod 26, 99 mod 26, 55 mod 26)=(15,21,3)=>TUH. Т. о. вместо MRHILL получим BTHTUH. Дешифрование: w=(1,19,7), тогда Dw=(324 mod 26, 147 mod 26, 241 mod 26)=(12,17,7)=>MRH.w=(15,21,3), тогда Dw=(372 mod 26, 63 mod 26, 219 mod 26)=(8,11,11)=ILL. Нетрудно заметить, что шифр Хилла применяется для шифрования полиграмм. Если сравнить с классическими шифрами, это явный шаг вперед, ибо предшественники в основном оперировали одиночными символами или биграммами. Если текст делить на блоки по 1-2 символа, шифр, который это делает, оказывается уязвимым к атакам, основанным на использовании частоты встречаемости символов и биграмм. То есть для наиболее известных языков уже посчитано, насколько часто встречается тот или иной символ (биграмма) в текстах, где этот язык используется. Так, статистически в русскоязычных текстах 17,5% символов составляют пробелы, ещё 9% - буква О. Соответственно весьма полезно прятать статистику вхождения символов в открытый текст. Не следует забывать о стремлении частоты к вероятности - это правило дает о себе знать в случае длинных открытых текстов. Ясно, что чем больше размер блока, тем сложнее вскрыть криптосистему Хилла. Важным моментом является выбор шифрующей матрицы C. Желательно, чтобы она состояла из маленьких чисел (из 0 и 1) для увеличения скорости шифрования, а её определитель был достаточно большим простым числом (компьютером была найдена такая матрица 32-го порядка, состоящая из 0 и 1, определитель которой по порядку равен 10^8), так как для существования его обратной величины, а следовательно и обратной матрицы в кольце вычетов Z_m необходимо, чтобы НОД (Δ, m)=1. Также характерной особенностью криптоалгоритма Хилла для матриц высокого порядка (n>=32), имеющих обратные в кольце вычетов Z_m (m порядка 10) является его асимметричность, так для матрицы D (из 0 и 1 , с определителем равным простому числу порядка 10^8), матрица C будет состоять из чисел кольца Z_m определитель которой в среднем будет пре-

восходить 10^{32}, для m порядка 100 - 10^{64}, для m порядка 1000 – 10^{128}. И вычисление его точного значения, а, следовательно, обратной матрицы оказывается трудной задачей. Вместе с этим шифрование – дешифрование происходит достаточно быстро. Так, например, матрицы 32-го порядка в алфавите из 256 символов: за 93-94 мс - записываются в два файла по 4000 символов(шифрованных и дешифрованных), если запись в файлы не производить, то за 15-16 мс обрабатывается 24000 символов, то есть приблизительно 20 микросекунд затрачивается на шифрацию-дешифрацию одного блока из 32 символов(эти операции проводились в среде C++ Visual Studio 2010 на компьютере с CPU AMD Dual Core A4-5100 1.55GHz).

3. Заключение

Ранние формы шифра Хилла (для матриц 6-го порядка) были легко взламываемыми и не представляют практического интереса. Шифр, представленный в данной статье, представляет его модифицированную форму и, по мнению авторов статьи, является стойким в сравнении с существующими зарубежными шифрами. Конечно, важной проблемой для данного алгоритма является поиск матриц более высокого порядка (64-го), удовлетворяющих указанным выше условиям, так как это многократно повысит стойкость данного шифра.

Библиографический список:

1. Я. С. Бугров, С.М. Никольский. Элементы линейной алгебры и аналитической геометрии.-3-е изд., испр. и доп. –М.: Наука, 2013.- 222 с.:ил.

2. И. М. Виноградов. Основы теории чисел. – М.:Наука, 1990.

3. М. М. Глухов Алгебра: учебник. В 2 т. – М.: Гелиос-АРВ, 2003. Т.1.– 336с.

УДК 537.74 (075)

ЯЧЕЙКА КВАДРАТУРНОГО АНАЛИЗАТОРА СПЕКТРА С АВТОМАТИЧЕСКИМ ПОДАВЛЕНИЕМ ПОМЕХ НИЗКОУРОВНЕВЫХ СИГНАЛОВ

Тарасов В.П., Лебедев А.В., Рубин К.А., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Как известно, наибольшей эффективностью обладают спектроанализаторы, реализующие параллельный метод [1]. В таких системах применя-

ется большое число избирательных фильтров, настроенных на разные, но достаточно близкие по значению частоты. Разрешающая способность тем выше, чем выше добротность применяемых фильтров, а чем выше добротность, тем больше необходимо самих фильтров при анализе заданного диапазона частот.

Количество однотипных фильтров можно существенно уменьшить, используя в качестве стандартной избирательной ячейки схему с автоматическим подавлением помех [2].

В работе [2] представлена структурная схема одной из ячеек анализатора спектра параллельного типа. Данная ячейка обеспечивает автоматическое подавление i-ой гармоники с последующим выделением низкоуровневого сигнала с частотой w_c, близкой к частоте w_i.

Входной сигнал сложной формы поступает одновременно на входы n-избирательных фильтров, один из которых, выделяет из общего спектра смесь двух гармонических напряжений с частотами w_i и w_c, оказавшиеся в полосе его пропускания.

Входным сигналом выходного режекторного АКФ является смесь гармонических напряжений с частотами w_i и w_c,из которых напряжение с частотой w_i (помеха большой амплитуды) подавляется, так как совпадает с частотой опорного напряжения, поступающего на выходной режекторный АКФ с синусоидальных формирователей АКФ и СКФ.

Гармоническое напряжение с частотой w_c (низкоуровневый сигнал полезной информации) при условии попадания в полосу прозрачности выходного режекторного АКФ беспрепятственно выделяется на общем выходе.

Однако приведенная в работе [2] выше схема ячейки анализатора с автоматическим подавлением обладает существенным недостатком. В данной схеме режекторного квадратурного фильтра обеспечивается работа лишь одного канала, за счет отсутствия разности фазовых сдвигов сигнала и помехи на входе и в цепи формирования одного из опорных напряжений.

Этот недостаток приводит к появлению паразитной модуляции в виде биений частот сигнала помехи. В результате преимущества, сформулированные в данной работе, при этих обстоятельствах, могут быть сведены практически к минимуму. Целью настоящей работы является существенное уменьшение паразитной амплитудной модуляции на выходе режекторного квадратурного фильтра с автоматическим подавлением помех [3].

Приведена структурная схема предложенного в [3] устройства. Входной сигнал сложной формы поступает на вход ассиметричного квадратурного фильтра (АКФ). С выхода АКФ сигнал одновременно поступает на вход симметричного квадратурного фильтра (СКФ) и на опорные входы перемножителей П1 и П4, а также на сигнальные входы перемножителей П1 и П2. Напряжение с СКФ подается на избирательный фазовращатель

(ФВ) [4], выход которого соединен с опорными входами перемножителей П2 и П3. Каждый канал режекторного квадратурного фильтра (РКФ) содержит фильтры нижних частот (ФНЧ) и фильтры верхних частот (ФВЧ). Выходы перемножителей П3 и П4 соединены с входами вычитателя (ВЧ), на выходе которого обеспечивается выделение сигнала полезной информации. Двухфазный генератор (ДГ) обеспечивает опорными ортогональными напряжениями (с частотой w_0) АКФ, СКФ и ФВ.

В данной схеме может быть использован квадратурный фазовращатель на основе АКФ с отрицательной обратно связью [4]. Такой фазовращатель обеспечивает фазовый сдвиг, частотная зависимость которого определяется следующим выражением (рис. 1):

$$\varphi\ \omega\ = arctg\frac{2\cdot\omega\cdot\tau\cdot\tau'\cdot(\omega^2-\omega_0^2)}{\tau'^4\cdot(\omega^2-\omega_0^2)^2-\omega^2\cdot\tau^2}.$$

w_0 – частота двухфазного генератора

w_1, w_2 – это частоты входного сигнала при которых обеспечивается 90-градусный фазовый сдвиг на выходе устройства

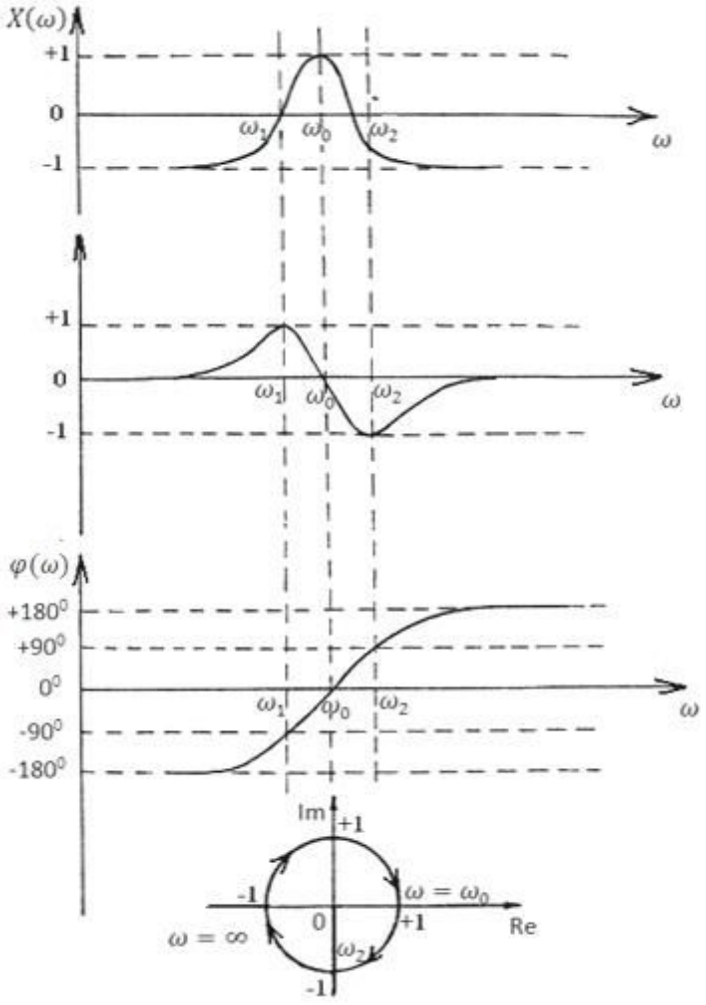


Рис 1. Фазо-частотная характеристика квадратурного фазовращателя

Квадратурный фазовращатель обеспечивает определенную необходимую зависимость фазовых сдвигов сигнала и помехи от частоты.

Использование высокодобротного АКФ обеспечивает необходимую крутизну преобразования фазового сдвига от частоты для обеспечения одновременной работы обоих каналов выходного режекторного квадратурного фильтра. Этим и обеспечивается существенное уменьшение уровня паразитной амплитудной модуляции.

На рис. 2 представлена принципиальная схема ячейки спектроанализатора, в которой перечисленные недостатки в значительной степени преодолены. В данной схеме формирование ортогональной составляющей опорного напряжения режекторного СКФ реализуется путем последовательного включения СКФ с фиксированной настройкой с последующим включением избирательного фазовращателя. Результаты экспериментальных исследований представлены на рис. 3.

Как следует, из приведенных данных коэффициент паразитной амплитудной модуляции не превышает 60% в диапазонах 990÷996 Гц и 1002÷1010 Гц.

На рис. 4, рис. 5, рисунке 6 представлены осциллограммы, полученные в результате компьютерного моделирования в среде Мультисим.

Характер осциллограммы практически не изменялся при использовании параметров сигнала и помехи

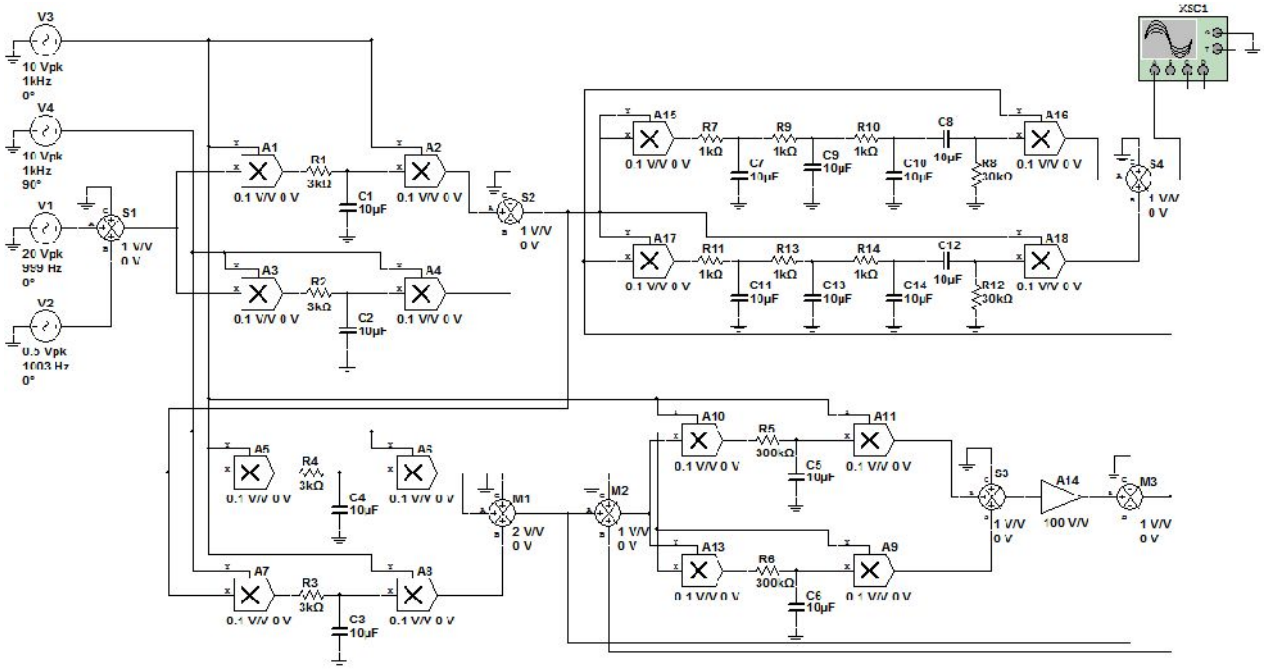


Рис. 2. Принципиальная схема ячейки спектроанализатора с пониженным уровнем ПАМ

Рис. 3. Зависимость коэффициента паразитной амплитудной модуляции от частоты сигнала полезной информации при фиксированной частоте помехи.

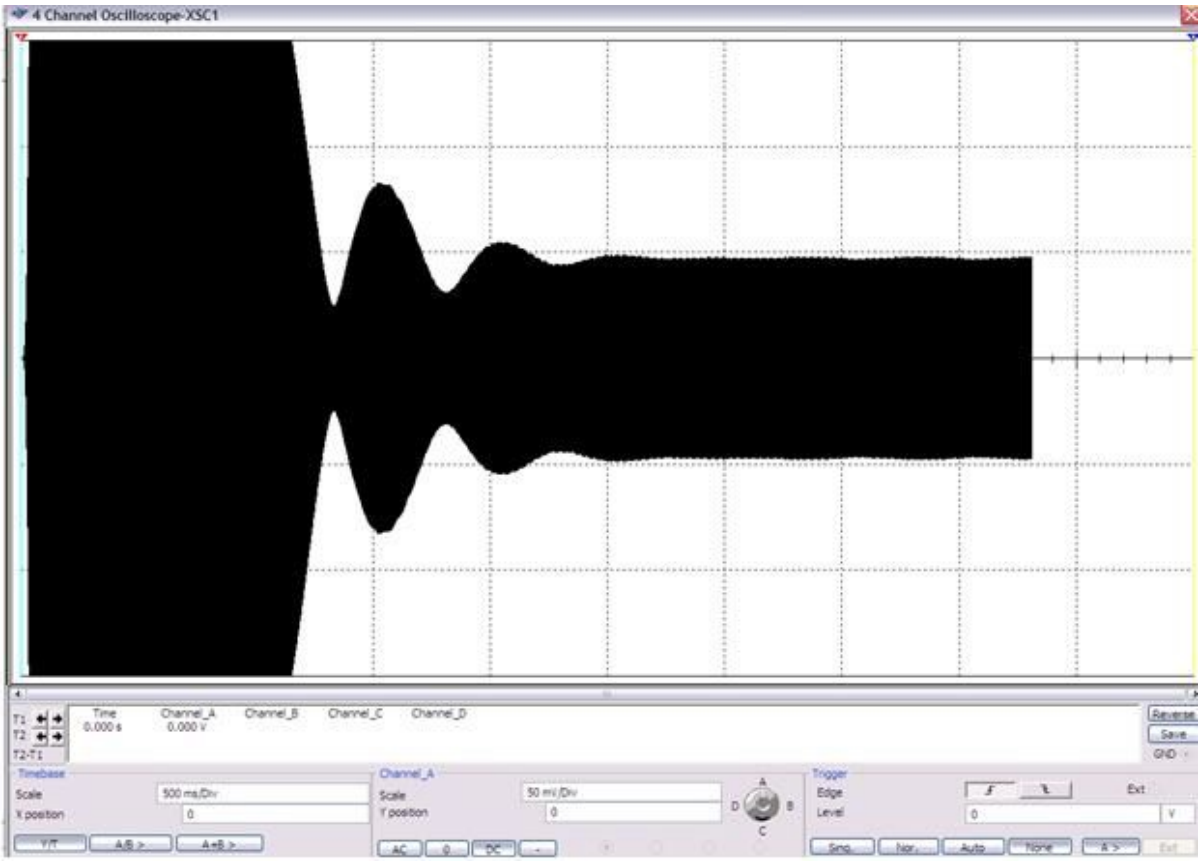


Рис. 4. Осциллограмма выходного отклика системы при воздействии помехи с амплитудой 20В, частотой 1001Гц и полезного сигнала с амплитудой 200 мВ, частотой 999Гц.

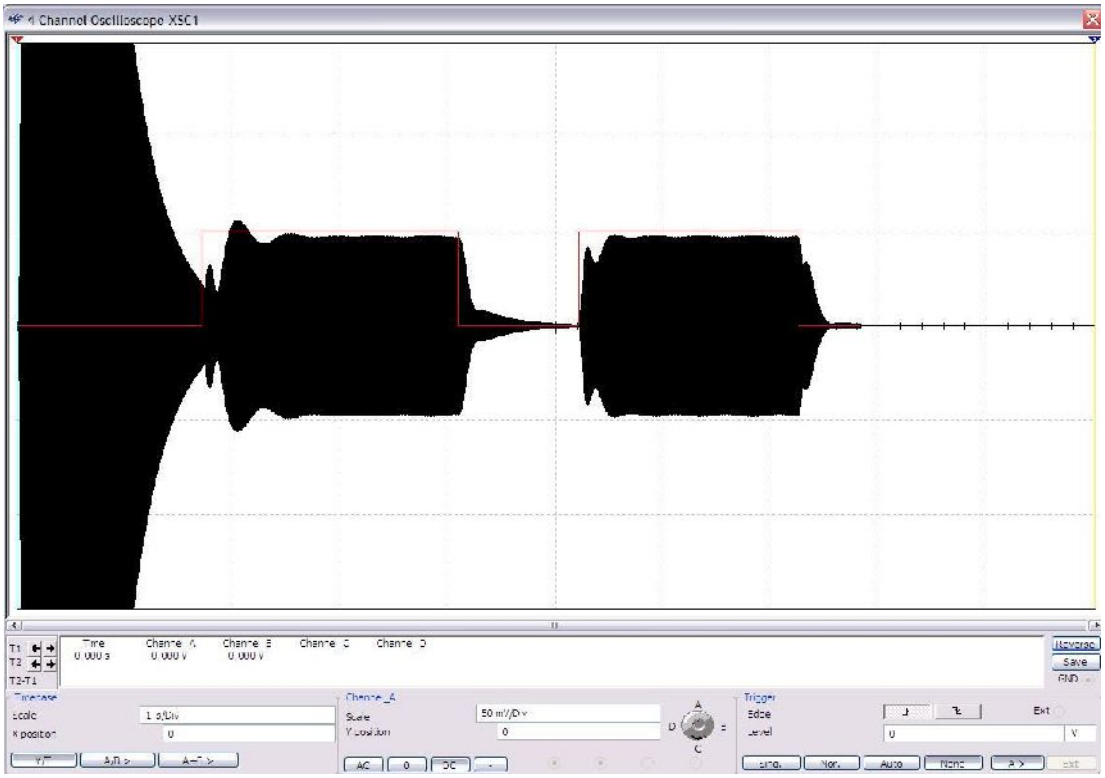


Рисунок 5. Импульсная модуляция полезного сигнала.

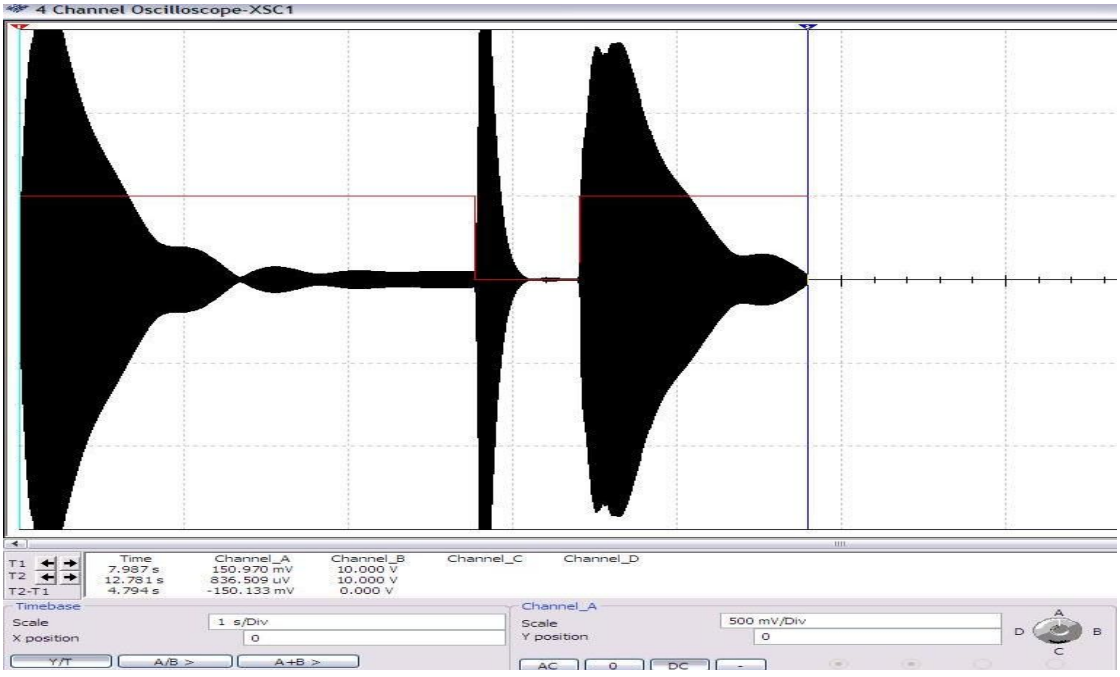


Рисунок 6. Прерывание напряжения помехи.

Таким образом, проведенные исследования указывают на возможность выделения низкоуровневых сигналов полезной информации на фоне автоматически подавляемых помех при уровне подавления ПАМ не менее 100 дБ.

Библиографический список

1. Аналоговые электроизмерительные приборы: Учеб. пособие для вузов/ Дмитриев Ф.С., Киселева Е.А., Лебедев Г.П., и др.; Под редакцией А.А. Преображенского.– М.: Высш. школа, 1979.-306-322 с.

2 59 Научно-техническая конференция. Сборник трудов. Ч.3. Технические науки. / МГТУ МИРЭА. – М.2010. -11-16 с.

3. Патент на полезную модель №107365. Тарасов В.П., Калинин А.В. Приоритет полезной модели 29 марта 2011.

4. Евтихиев Н.Н., Тарасов В.П. Методы и средства приёма сигналов на фоне помех с использованием квадратурных фильтров и систем на их основе: Учебное пособие / Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования “Московский государственный институт радиотехники, электроники и автоматики (технический университет)” – М., 2010. – 136 с.

УДК 621.396.69

СПОСОБ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА МОДУЛЯ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ РАКЕТ

А.Г. Литвинов, А.Н. Албутов, Д.Н. Давыдов, А.Х. Сабитова,
ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», Москва, Россия

В статье представлен способ обеспечения теплового режима модуля системы электропитания ракет (СЭПР) за счет локального отвода тепла от теплонагруженных элементов, реализованного с помощью элементов Пельтье. Разработаны тепловые модели модуля СЭПР для численного моделирования в приложении Flow simulation программного пакета SolidWorks. По результатам численного моделирования получены полные поля температур модуля СЭПР, а также значения температуры основных элементов для трех вариантов исполнения конструкции модуля.

Введение

Одним из основных элементов аппаратуры стартовой автоматики является модуль системы электропитания ракет (СЭПР), который предназначен для обеспечения электропитанием зенитных управляемых ракет (ЗУР) в процессе их подготовки и пуска [1]. Для обеспечения требуемых выходных электрических параметров модуля СЭПР, необходимо избегать избыточного нагрева радиоэлектронных элементов в процессе работы. Влияние

температуры на модуль СЭПР проявляется, в первую очередь в снижении КПД источников вторичного электропитания, а также в возникновении сбоев в работе микроконтроллера платы управления. В работе [2] показано, что за счет оптимизации геометрии ребер радиатора без изменения их высоты можно снизить среднюю температуру корпуса модуля СЭПР не более чем на 10 °С. Однако, такой способ не позволяет обеспечить требуемый тепловой режим источников вторичного электропитания при значительном тепловыделения (до 700 Вт) в ограниченном объеме ($6{,}8 \cdot 10^3$ см^3) в процессе их работы. Таким образом, задача обеспечения теплового режима модуля СЭПР в совокупности с жесткими условиями эксплуатации и габаритно-конструктивными ограничениями является актуальной.

Одним из возможных путей обеспечения требуемого теплового режима модуля СЭПР является применение локального отвода тепла от теплонагруженных элементов. В данной статье представлен способ реализации локального отвода тепла с помощью применения элементов Пельтье.

Состав и конструкция

Модули СЭПР размещаются на транспортно-пусковых пакетах (ТПП) пусковых установок около кассет ЗУР и обеспечивают электропитанием до четырех ЗУР из состава кассеты. В состав каждого ТПП входит четыре модуля СЭПР (рис. 1).

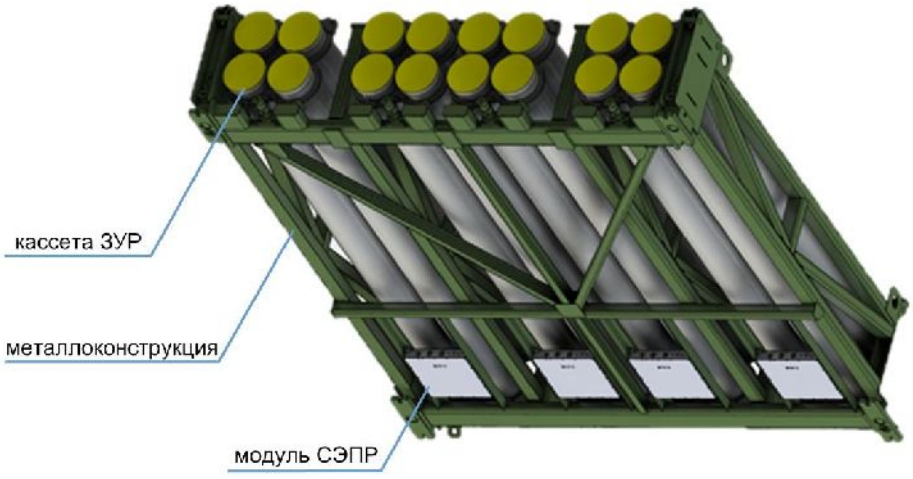


Рис. 1 Компоновка транспортно-пускового пакета

Конструктивно модуль СЭПР выполнен из двух основных деталей: корпус и крышка, изготовленных из алюминиевых сплавов путем фрезерования. Общий вид модуля СЭПР представлен на рис. 2. Модуль СЭПР в собранном состоянии полностью герметичен и не требует дополнительного обслуживания при эксплуатации. Из-за конструктивных особенностей ТПП общая высота блока СЭПР составляет 70 мм при высоте ребер радиатора 10 мм.

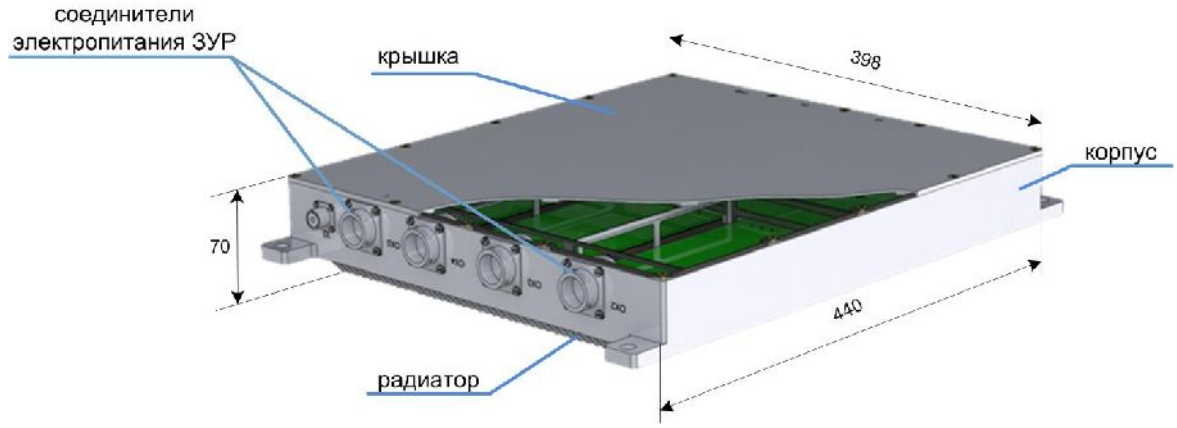


Рис. 2 Общий вид модуля СЭПР

Внутри модуля СЭПР расположены источники вторичного электропитания, плата управления с микроконтроллером и коммутационная аппаратура. В качестве источников вторичного электропитания применяются МДМ1000 (DC-DC преобразователи мощностью до 1000 Вт), которые устанавливаются на основании корпуса-радиатора. Компоновка основных элементов внутри модуля СЭПР представлена на рис. 3.

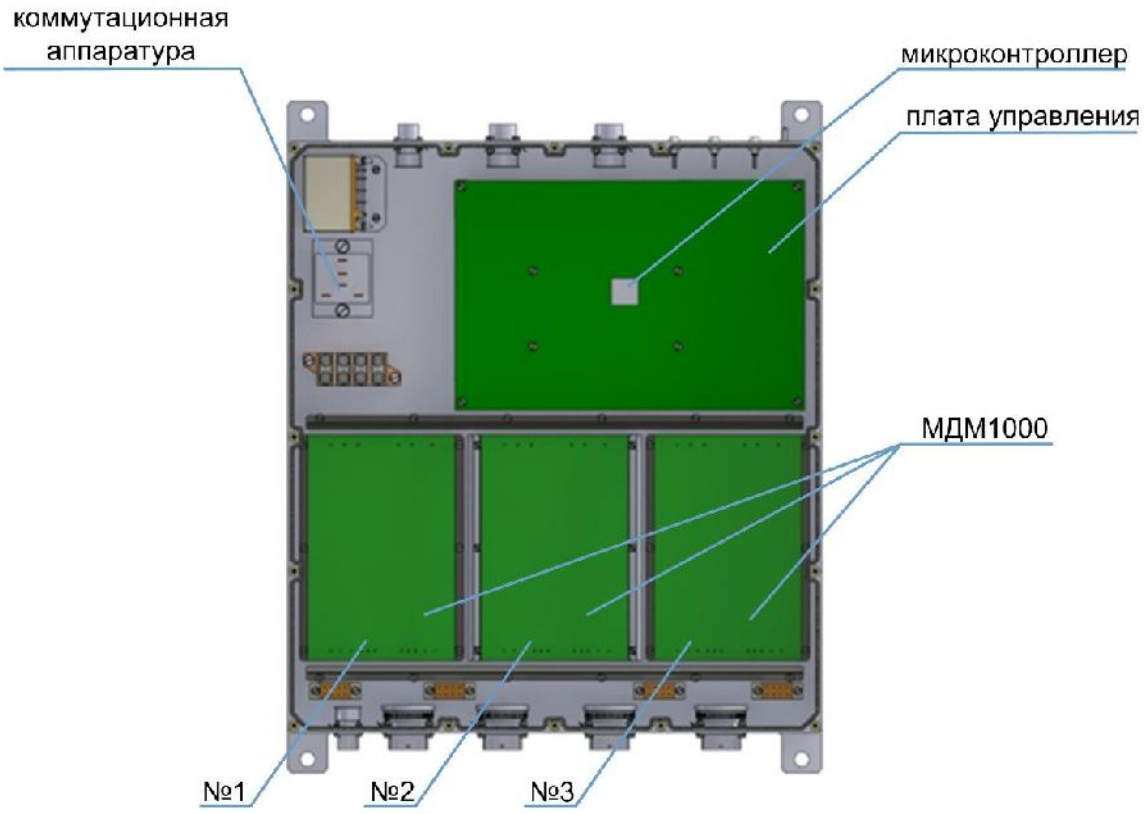


Рис. 3 Компоновка элементов внутри модуля СЭПР

В процессе работы модуля СЭПР каждый из МДМ1000 (№ 1, 3)

обеспечивает электропитанием две ЗУР из состава кассеты соответственно. МДМ1000 (№ 2) предназначен для электропитания пиротехнических цепей всех ЗУР кассеты. Время непрерывной работы модуля СЭПР для подготовки и пуска ракеты не превышает 360 с.

Варианты исполнения конструкции

В процессе работы модуля СЭПР наиболее теплонагруженными являются мощные источники МДМ1000 (№1, 3). Для их работы необходимо обеспечить локальный отвод тепловой мощности на радиатор. Время работы МДМ1000 (№ 2) не превышает 2-3 с, поэтому он не требует специальных средств отвода тепла.

Для обеспечения локального отвода тепла от МДМ1000 (№1, 3) предлагается применение элементов Пельтье. Исходная конструкция и два варианта исполнения модуля СЭПР с элементами Пельтье представлены на рис. 4.

В варианте исполнения №1 каждый источник вторичного электропитания (№1, 3) устанавливается на корпус-радиатор и на четыре элемента Пельтье размером 48×48×4,0 мм. В варианте исполнения №2 данные источники устанавливаются только на четыре элемента Пельтье с минимальным контактом с корпусом через стойки (асбест или термостойкий поливинилхлорид) с низкой теплопроводностью необходимые для крепления МДМ1000.

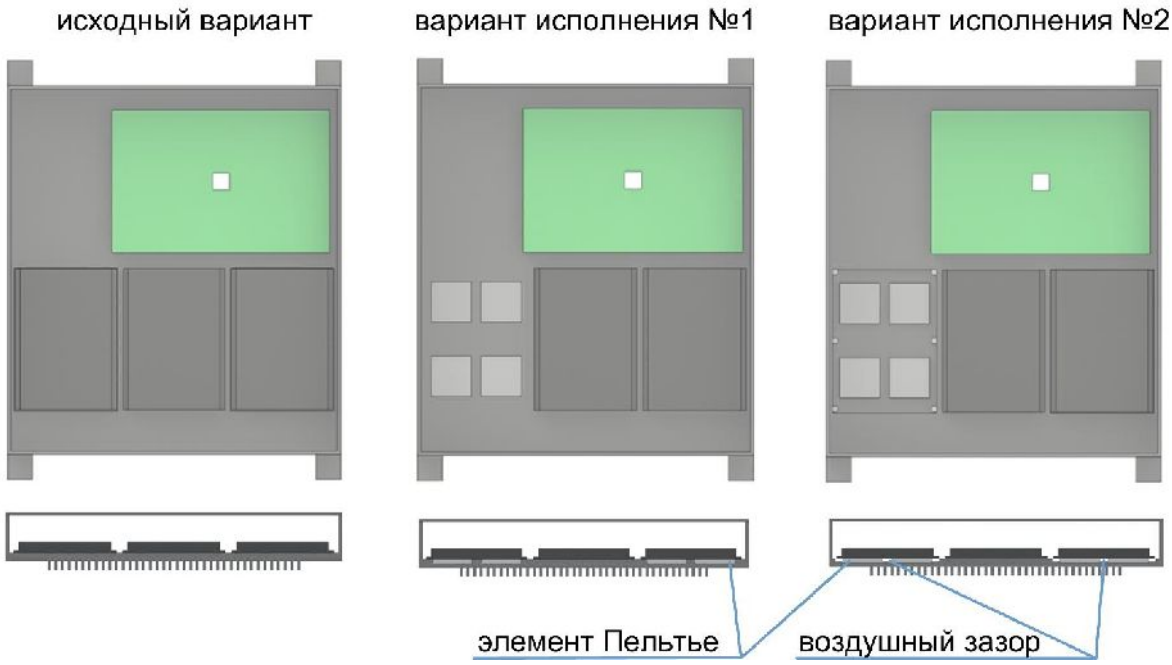


Рис. 4 Варианты исполнения конструкции

Во всех вариантах исполнения элементы Пельтье подключаются параллельно выходной нагрузке (рис. 5).

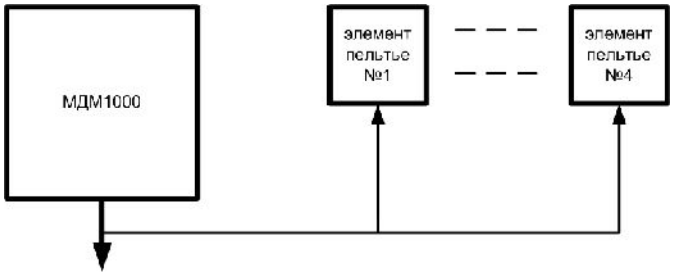


Рис. 5 Схема подключения

Тепловые модели

Модуль СЭПР с теплофизической точки зрения представляет собой систему геометрических тел с определенным набором источников тепла, взаимодействующую с окружающей средой. На основании обзора и анализа тепловых моделей в работе [3] показано, что допустимо при построении тепловой модели упрощение исходной геометрии с сохранением формы основных тел и размеров источников тепла. При этом игнорирование некоторых конструктивных особенностей изделия может привести к незначительному снижению точности результатов.

В соответствии с рекомендациями для трех вариантов исполнения конструкции модуля СЭПР были построены в SolidWorks упрощенные 3D модели, которые после задания физических свойств материалов, объемных источников тепла, термоэлектрических элементов, начальных и граничных условий, а также генерации расчетной сетки преобразовались в приложении Flow Simulation в модели для численного моделирования методом конечных объемов (тепловые модели).

Температура окружающей среды для всех вариантов моделирования составляла +55 °С (ГОСТ РВ 15.304-99 группа 1.3 УХЛ). При этом солнечная радиация действовала перпендикулярно в направлении плоскости радиатора с интенсивностью 1120 Вт/м^2 (ГОСТ РВ 15.304-99). Источники вторичного электропитания МДМ1000 (№ 1, 3) определены как объемные источника тепла. Элементы Пельтье моделировались с помощью термоэлектрических элементов ТВ-127-2.0-2.5 с характеристиками, указанными в табл. 1 [4].

Таблица 1

Термоэлектрические параметры	Значение
I_{max}, А	7,6
U_{max}, В	16,3
ΔT_{max}, К	72
Q_{max}, Вт	76
R_{ac} (при 295ºК), Ом	1,65

Необходимо отметить, моделируемые источники вторичного электропитания могут работать в широком диапазоне выходной мощности (от 20 до 100%) с КПД не более 0,84 [4].

КПД преобразователей МДМ сильно зависит от активной нагрузки [5]. В случае неполной нагрузки МДМ при $P/P_{ном}$ = 0,3 (наихудшие условия) его КПД равен η_1 = 0,65, а тепловыделение составляет Q_1 = 350 Вт соответственно.

При тех же условиях нагружения параллельное подключении четырех элементов Пельтье обеспечивает стабилизацию выходных параметров преобразователя МДМ до оптимального соотношения $P/P_{ном}$ = 0,8 с КПД η_2 = 0,84. Тепловыделение каждого МДМ1000 уменьшается до Q_2 = 160 Вт.

Каждая тепловая модель проходит два последовательных этапа численного моделирования. Первый этап – определение теплового режима модуля СЭПР только от воздействия солнечной радиации. На втором этапе полученные тепловые поля используются как начальные условия для определения теплового режима модуля СЭПР через 360 с после включения с учетом тепловыделения от МДМ1000 и работы элементов Пельтье.

Результаты моделирования

Анализ результатов численного моделирования позволил установить, что при воздействии только солнечной радиации на конструкцию модуля СЭПР его температура для всех вариантов исполнения составляет 72±1 ºС. Численные значения средней температуры поверхности элементов представлены в табл. 2.

В исходном варианте нагрев МДМ1000 (№1, 3) до температуры 112 ºС приводит к значительному снижению их выходной мощности до уровня $P = 0{,}1P_{ном}$, и потере работоспособности модуля СЭПР. Пассивное охлаждение с помощью радиатора источников вторичного электропитания приводит к нагреву металлоконструкции модуля СЭПР до температур ≈90 ºС.

Таблица 2

Вариант конструкции	**Средняя температура поверхности, ºС**			
	МДМ1000 №1	МДМ1000 №2	МДМ1000 №3	Плата управления
Исходный	112	90	112	78
Исполнение №1	134	113	134	86
Исполнение №2	88	100	88	81

Исследование температурных полей методом сравнения выявило возникновение эффекта возвратного нагрева в варианте исполнения №1,

который приводит к недопустимому перегреву МДМ1000 (более 125 ºС) и микроконтроллера платы управления (более 85 ºС). Данный эффект возникает из-за термоэлектрического явления, в результате которого элементы Пельтье нагревают радиатор быстрее, чем источники вторичного электропитания (рис. 6). Большая площадь контакта МДМ1000 с радиатором в совокупности с дополнительной тепловой мощностью, поступающей от элементов Пельтье, не позволяют обеспечить необходимый тепловой режим модуля СЭПР.

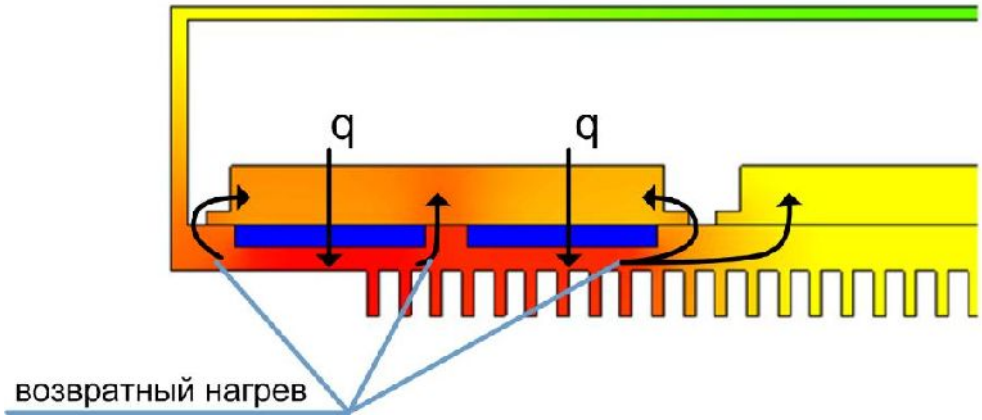


Рис. 6 Эффект возвратного нагрева

В варианте исполнения №2 за счет установки источников вторичного электропитания на стойки с низкой теплопроводностью и воздушного зазора сведен к минимуму эффект возвратного нагрева. При этом температура МДМ1000 (№1, 3) уменьшилась на 24 ºС по сравнению с исходным вариантом и составила не более 88 ºС. Средняя температура платы управления с микроконтроллером не превышает допустимых 85 ºС.

Таким образом, реализация локального отвода тепла от теплонагруженных элементов и минимизации эффекта возвратного нагрева позволяют обеспечить необходимый тепловой режим модуля СЭПР.

Заключение

В статье представлен способ обеспечения теплового режима модуля системы электропитания ракет, основанный на применении элементов Пельтье. С помощью численного моделирования по разработанным тепловым моделям для трех вариантов исполнения конструкции модуля показано, что данный способ позволяет эффективно отводить избыточное тепло от теплонагруженных источников вторичного электропитания при стабилизации их выходных электрических параметров.

УДК 621.396.69

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ИМИТАЦИОННОЙ АППАРАТУРЫ ЗРК

Нестеров А.В., Емельянов К.С., Загрядцкая И.А.,
ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», Москва, Россия

В статье рассматривается конструкция, принцип и схема построения имитатора борта зенитных управляемых ракет (ЗУР) из состава перспективного зенитно-ракетного комплекса (ЗРК). Имитатор борта с цифровым управлением позволяет выполнять полный комплекс проверок аппаратуры стартовой автоматики в различных режимах работы с ЗУР.

Введение

Одним из этапов разработки пусковой установки и её эксплуатации, в составе зенитно-ракетного комплекса, является проверка аппаратуры стартовой автоматики (АСА), в которую входят система электропитания ракет (СЭПР) и аппаратура подготовки и пуска изделия (АППИ). Важным моментом при построении АСА являются вопросы надежности и безопасности работы с ЗУР и периодический контроль при эксплуатации [1]. Для проверки аппаратуры используется имитационное оборудование – имитатор борта (ИБ) зенитной управляемой ракеты. В современном зенитно-ракетном комплексе ИБ используется для решения следующих задач:

− проверка исправности аппаратуры пусковой установки (ПУ), обеспечивающей предстартовую подготовку и пуск ЗУР (проверка исходного состояния ЗУР, подготовка к пуску, ввод полетных данных (ПД), запуск необратимых процессов);

− проверка способности АСА корректно реагировать на отказы ЗУР, возникающие в процессе эксплуатации;

− контроль запрета несанкционированного пуска ЗУР.

В статье рассмотрены принципы построения и приведен вариант технической реализации ИБ, позволяющие осуществлять полный комплекс указанных проверок.

Анализ существующей аппаратуры имитации ЗУР

В состав существующих зенитно-ракетных комплексов входит два типа имитаторов бортовой аппаратуры ЗУР: встроенный и переносной имитаторы.

Встроенный имитатор борта устанавливается на каждый ракетный канал ПУ и подключается с помощью механизма переключения разъема АСА от ЗУР на ИБ. Переносной ИБ, как правило, входит в состав ЗИП (из-

делие 40П6 из состава 51П6А приведен на рис. 1). Один ИБ используется для контроля и обслуживания до шести пусковых установок, подключается вручную, последовательно на каждый ракетный канал.

К общим недостаткам существующих можно отнести:

- ограниченный функционал;
- необходимость внешнего электропитания;
- отсутствие удаленного управления;
- необходимость использовать для подключения кабели большой длины (массой m≈15-20 кг);
- большие масса и габариты (m=20..30 кг, V≈0,5 м^3).

В перспективе ИБ должен быть лишен данных недостатков.

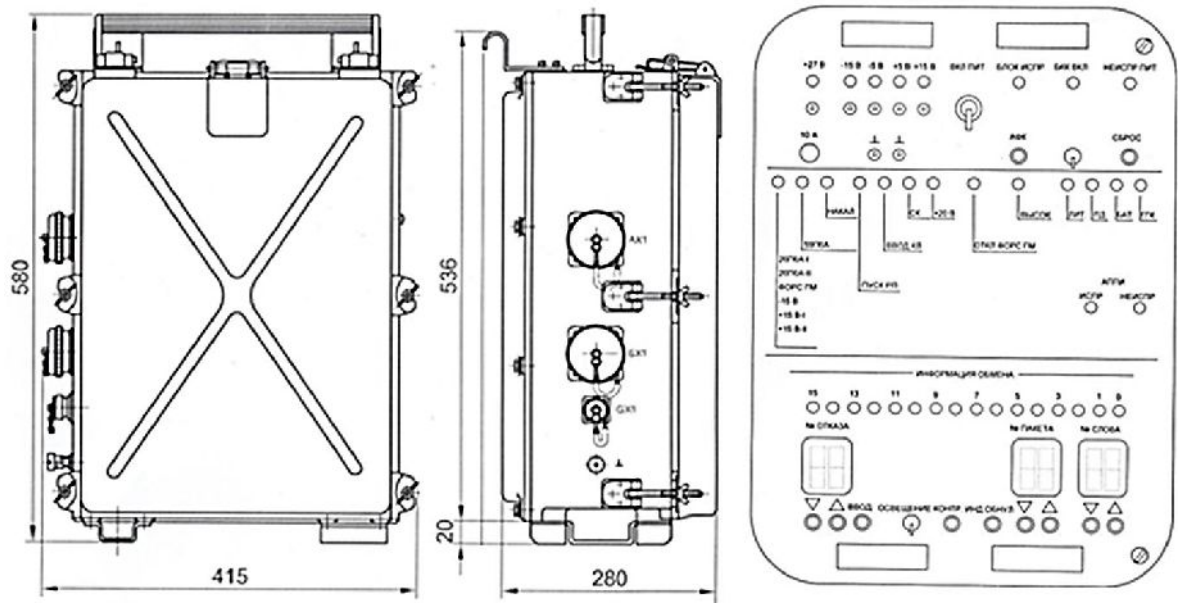


Рис. 7 Общий вид и панель индикации ИБ 40П6

В качестве альтернативного варианта в составе перспективного ЗРК предлагается использование ИБ, лишенного вышеуказанных недостатков.

Конструкция и техническая реализация

Предлагаемый имитатор выполнен в малогабаритном герметичном корпусе (рис. 2) с установленными внутри резисторами нагрузки и платой управления (рис. 3). Соединитель имитатора интегрирован в его конструкцию и полностью идентичен соединителю транспортно-пускового контейнера ЗУР, что позволяет при работах исключить из состава переходные кабели подключения и дополнительные элементы коммутации. Для имитации соединителя безопасности используется фальшразъем. На выбранном канале, при присоединенном разъеме к соединителю безопасности СЭПР,

возможна проверка прохождения команд необратимого цикла.

Рис. 8 Общий вид ИБ

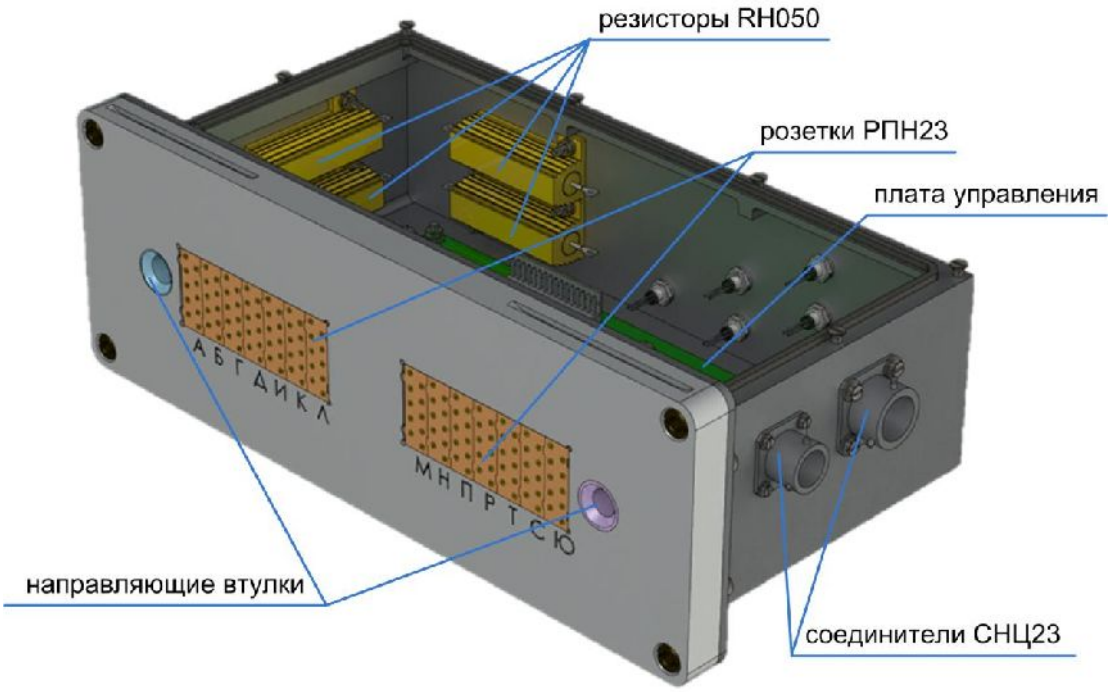


Рис. 9 Компоновка элементов внутри ИБ

Плата управления ИБ построена на основе микроконтроллера AT-Mega128 в связке с ПЛИС Cyclone. Сбор данных о состоянии входных сиг-

налов и напряжений, поступающих с СЭПР, производится с помощью ПЛИС, их анализ производит микроконтроллер. Приёмник и передатчик, имитирующий логику инерциальной системы управления (ИСУ) ЗУР в соответствии со штатными протоколами по интерфейсу МПКО (ГОСТ Р 52070.2003), реализован непосредственно в ПЛИС без применения дополнительных микросхем.

Управление имитатором борта осуществляется по последовательному интерфейсу RS-422. Цифровое управление ИБ позволяет избавиться от большого количества кабельных линий связи и обмена потенциальными командами [2].

ИБ контролирует функционирование СЭПР и имитирует свои выходные сигналы так, как если бы к СЭПР было подключено реальная исправная ЗУР, при этом панель индикации ИБ позволяет отслеживать текущее состояние СЭПР.

При проверке АСА (АППИ и СЭПР) имитатор борта работает без дополнительных устройств, электропитание для ИБ формируется из цепей сигнализации ракетного канала. Необходимую нагрузку по цепям силового питания ЗУР обеспечивают установленные внутри корпуса малогабаритные резисторы RH050. Номиналы резисторов обеспечивают нагрузку вторичных источников питания СЭПР до необходимого уровня 10 %, что позволяет уменьшить габариты и снизить тепловыделение.

Управление ИБ и отображение информации в режиме местного управления осуществляется с интегрированного пульта управления и индикации (ИПИУ), размещаемого в кабине шасси пусковой установки. Общий вид отображаемой информации представлен на рис. 4.

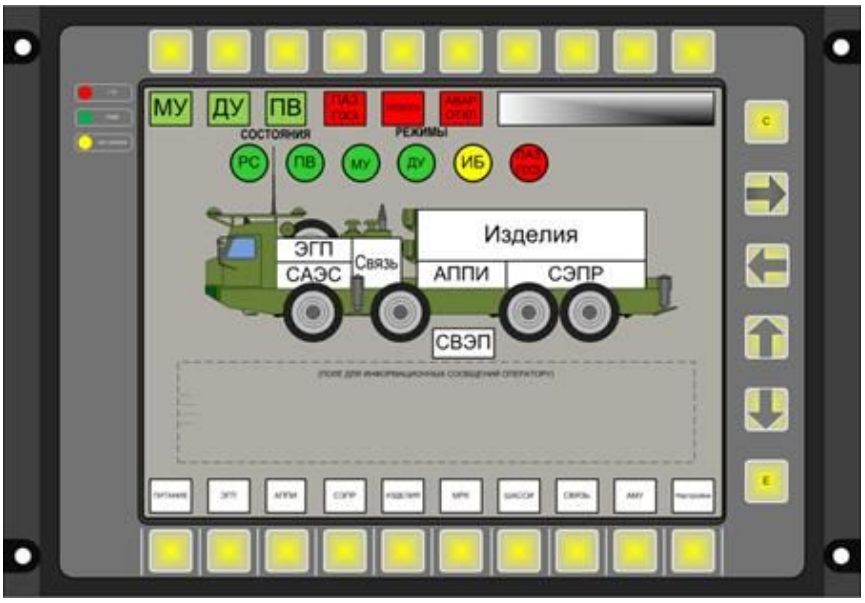


Рис. 4 Отображение информации на ИПИУ

При подключении ИБ к ИПИУ по интерфейсу RS-422, существует возможность имитировать различные неисправности, такие как:

- отсутствие или наличие необходимых потенциальных сигналов;
- неисправность обмена или некорректность данных, передаваемых в соответствии со штатными протоколами по интерфейсу МПКО (ГОСТ Р 52070.2003);
- некорректное прохождение полетного задания;
- неисправность цепей пиротехники.

Для каждой подсистемы ПУ в ИПИУ реализованы отдельные вкладки с элементами управления на экране. Отдельно предусмотрено меню для отработки взаимодействия с имитатором борта ЗУР.

Управление режимами ИБ осуществляется с помощью специальной виртуальной панели, внешний вид которой приведён на рис. 5.

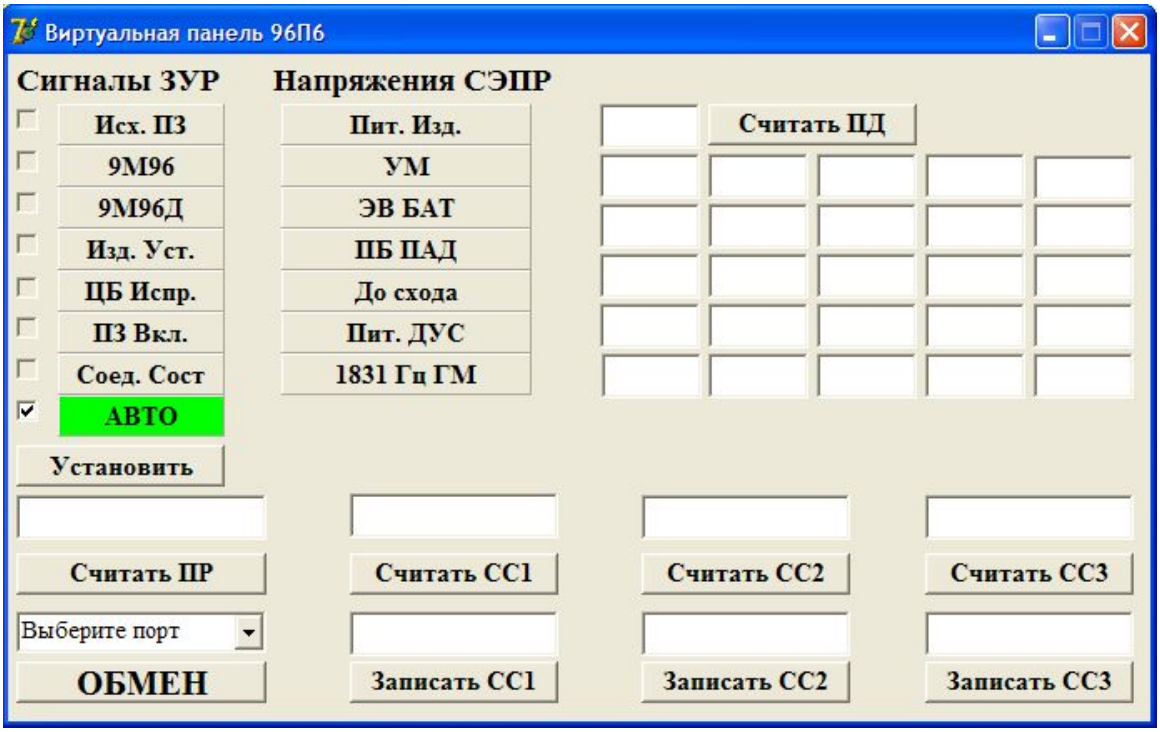


Рис. 5 Виртуальная панель управления имитатором борта

Схема проверки с имитатором борта представлена на рис. 6. В общем случае проведение проверок включает в себя:

- задание включения режима работы ЗУР (подготовка, пуск, отмена);
- имитация отказов;
- контроль реакции аппаратуры АСА на возникающие отказы;
- контроль запрета несанкционированного пуска.

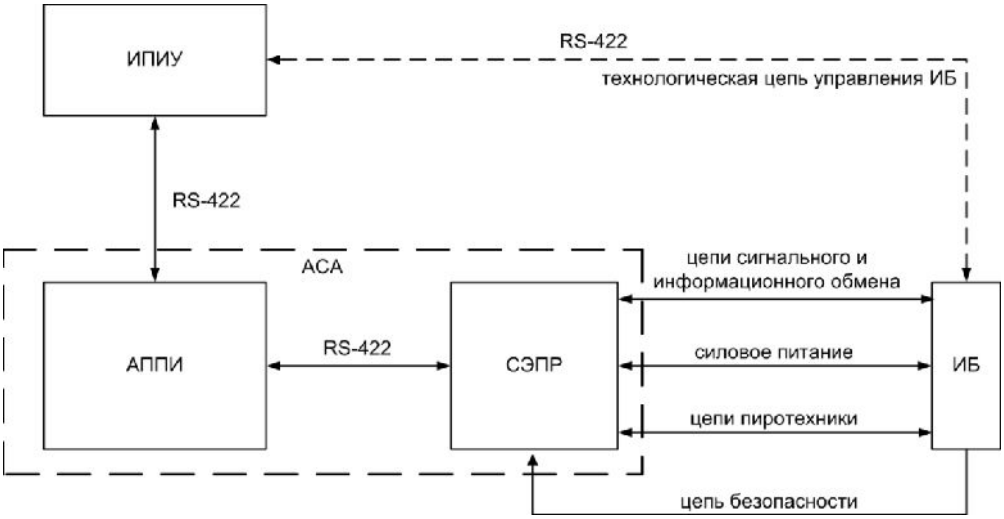


Рис. 6 Схема проверки с имитатором борта

Заключение

Рассмотрено техническое построение и аппаратная реализация блока имитации ЗУР – имитатора борта. Предложенный ИБ позволяет осуществлять полный комплекс проверок, в частности:

- имитация отказов (в том числе и в информационном обмене с ИСУ);
- имитация активной нагрузки бортовой аппаратуры ЗУР;
- имитация пиротехнических цепей безопасности.

К преимуществам предлагаемого имитатора борта относятся:

- автоматизированное управление с пульта управления ПУ;
- цифровое управление по последовательному интерфейсу RS-422 (отсутствие переходных кабелей и соединителей);
- небольшие габариты и удобство эксплуатации.

Библиографический список

1. Селуянов. М.Н. Совершенствование аппаратуры стартовой автоматики ЗРК большой и малой дальности надводных кораблей. Вестник воздушно-космической обороны. Научно-технический рецензируемый журнал. Выпуск №2. - М.: ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», 2014. – С. 104-108.

2. Бологов К.В., Исаков И.Н., Рыбин А.В. Распределенная система электропитания ракет пусковых установок ЗРК. Научные чтения к 90-летию со дня рождения академика В.Б. Бункина. Актуальные вопросы развития систем и средств ВКО. Сборник докладов. Третья научно-техническая конференция молодых ученых и специалистов. - М.: ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», 2012. – С. 23-30.

3. Балабанов Ю.А. Система электропитания для корабельных предстартовых установок кораблей малого водоизмещения. Перспективы развития. Наукоемкие технологии. Научно-технический рецензируемый журнал. Выпуск №4. - М.: ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», 2014. – С. 45-49.

УДК 621.37

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПИРСОНА ДЛЯ СИНТЕЗА СУБОПТИМАЛЬНЫХ АЛГОРИТМОВ ФИЛЬТРАЦИИ МНОГОМЕРНОГО МАРКОВСКОГО ПРОЦЕССА

Митькин А.С., Погорелов В.А., Чуб Е.Г.,
ФГУП «Ростовский-на-Дону научно-исследовательский институт радиосвязи»,
ФГБО ВПО «Ростовский государственный строительный университет»

Рассмотрен метод построения субоптимального фильтра основанный на аппроксимации апостериорной плотности вероятности многомерного марковского процесса классом распределений Пирсона. Предложенный метод может эффективно использоваться для аппроксимации асимметричных, эксцессных и финитных плотностей.

Введение

Возможность описания эволюции динамических объектов в симметризованной форме открывает широкие перспективы для оценки точности их функционирования на основе использования информации о характере их движения и действующих возмущений [1-3]. Наличие такой информации позволяет построить для стохастической модели объекта апостериорную плотность вероятности (АПВ), решив уравнение Стратоновича. Так как в общем случае не существует его аналитического решения, то в теории нелинейной фильтрации для получения апостериорных оценок используют различные приближенные (субоптимальные) методы, в основе получения которых лежат следующие приемы [4-7]:

- разложение нелинейных функций уравнений объекта и наблюдателя в ряды Тейлора в окрестности оценки $\hat{Y}$ или некоторого программного движения;
- кусочно-полиномиальная аппроксимация нелинейных функций;
- конечно-разностная аппроксимация апостериорной плотности вероятности;
- гауссовское приближение для распределения вероятностей;
- замена оценки функции на функцию оценок;
- замена среднего по множеству средним по времени и т.д.

Общим недостатком первых трех методов является их эффективность лишь при малой размерности вектора (не выше 2) и при условии независимости коэффициентов сноса и диффузии от пространственной или

временной координат [4,7]. Для метода аппроксимации функциональными рядами, кроме того, характерна возможность появления отрицательных значений плотности, обусловленная конечным числом слагаемых ряда и невозможностью априорного определения, достаточного для обеспечения заданной точности числа его членов [5]. Недостатком гауссовской аппроксимации является неизбежность неизвестных отклонений от истинного решения во всех случаях отличия плотности t от нормальной, особенно для полимодальных решений [6]. Метод конечно – разностных схем, использующий дискретное разбиение области существования переменных на k интервалов, теоретически позволяет достичь любой точности решения при неограниченном увеличении k, но необходимость численного интегрирования при этом 2k 1 S обыкновенных дифференциальных уравнений резко ограничивает на практике возможности использования данного метода, несмотря на его универсальность [5].

Перечисленные недостатки рассмотренных методов не позволяют их применить при анализе вероятностных характеристик вектора состояния $Y\ t$ и требуют разработки принципиально новых подходов к его оцениванию. В связи с этим ниже предлагается новый метод, использование которого позволит существенно повысить эффективность вероятностного анализа процесса $Y\ t$.

1. Постановка задачи

Пусть объект, описываемый нелинейным дифференциальным уравнением в симметризованной форме

$$Y \quad F_1\ Y,t \quad F_0\ Y,t \quad _t, \tag{1}$$

где Y − вектор состояния динамической системы, размерности S;

$F_i\ i\ \overline{0,1}$ − известные нелинейные векторные и матричные функции, размерности, соответственно, S и $S\ I$, удовлетворяющие условию Липшица Y,t и дифференцируемые на интервале времени от $0;t\ r$ раз, (величина r выбирается, исходя из требуемой точности представления конкретной функции и на дальнейшие построения принципиального влияния не оказывает)

$_t$ белый гауссовский вектор-шум размерности I, с матрицей интенсивностей $D\ t$

наблюдается с помощью измерителя, описываемого с помощью нелинейного стохастического уравнения вида

$$Z \quad H\ Y,t \quad _t, \tag{2}$$

где Z вектор выходных сигналов измерителя размерности K;

$H\ Y,t$ непрерывная вектор-функция наблюдения размерности K, удовлетворяющая условию Липшица Y,t,

$_t$ белый гауссовский вектор-шум размерности K с матрицей интенсивностей $D\ t$.

Апостериорная плотность вероятности Y,t такого процесса, удовлетворяющего приведенным выше условиям, описывается уравнением Стратоновича [4]:

$$\frac{}{t}\ \ \frac{}{Y_i}\ q_i\ Y,t\ \ \frac{1}{2}\ \frac{}{Y_i\ Y_j}\ b_{ij}\ Y,t\ \ F\ t,Y\ \ F\ t\ \ Y,t\ , \qquad (3)$$

где

$$q_i\ Y,t\ \ F_i\ Y,t\ \ \frac{1}{2}\ D_k F_{0\,jk}\ Y,t\ \ \frac{}{Y_j}\ F_{0ik}\ Y,t\ ,$$

$$b_{ij}\ Y,t\ \ D_k F_{0ik}\ Y,t\ F_{0\,jk}\ Y,t\ ,$$

$$F\ Y,t\ \ \frac{1}{2}\ Z\ \ H\ Y,t\ \ D^{-1}\ Z\ \ H\ Y,t\ ,\ \ F\ t\ \ F\ Y,t\ \ Y,t\ dY.$$

2. Построение апостериорных уравнений моментов

Будем рассматривать вектор Y в окрестности матожидания, предварительно представив частные производные, входящие в (1), в виде разностных отношений (см. Приложение 1). Зафиксировав $Y_2,Y_3,\ldots Y_s,t$, умножим уравнение (3) на $Y_1\ \ m^1\ ^j$ и проинтегрируем его по Y_1 (в скобках будем указывать те матожидания, которые фиксируются при вычислении данного коэффициента, считая все остальные зафиксированными ранее). В результате левая часть (3) принимает вид:

$$\frac{}{t}\ Y_1\ \ m^1\ ^j\ dY_1\ \ \frac{}{t}\ Y_1\ \ m^1\ ^j\ dY_1\ \ m_j^1. \qquad (4)$$

Для выражения правой части (3) через моменты разложим $q_i\ Y,t$. $b_{ij}\ Y,t$, $F\ Y,t$ в ряд Тейлора в окрестности m^1:

$$q_i\ Y,t\ \ \frac{^n q_i}{Y_1^n}\ m^1\ \frac{Y_1\ \ m^1\ ^n}{n!}; \qquad (5)$$

$$b_{ij}\ Y,t\ \ \frac{^n b_{ij}}{Y_1^n}\ m^1\ \frac{Y_1\ \ m^1\ ^n}{n!}; \qquad (6)$$

$$F\ Y,t\ \ \frac{^n F}{Y_1^n}\ m^1\ \frac{Y_1\ \ m^1\ ^n}{n!}. \qquad (7)$$

Используя метод интегрирования по частям и разложение (5) выра-

зим первое слагаемое уравнения (3) через центральные апостериорные моменты

$$\frac{q_i}{Y_i}\,Y_1\;m^1\;^j\,dY_1\;\frac{1}{Y_i\;\;m^i}\;a_n^i m_{n\;j}^1\;\frac{1}{Y_i\;\;m^i}\;a_n^i m_{n\;j}^1\;m^i, \qquad (8)$$

где $a_n^i \;\; \frac{1}{n!}\;\frac{^n q_i}{Y_1^n}\;m^1$, $a_n^i \;\; \frac{1}{n!}\;\frac{^n q_i}{Y_1^n}\;m^1, m^i$.

Аналогичные преобразования проведем для второго слагаемого (3). При этом будем учитывать особенности его разложения в ряд, обусловленные заменой частных производных разностными отношениями, приведенными в приложении 1. Для элемента b_{11} матрицы b будем иметь:

$$\frac{^2}{Y_1^2}\;b_{11}\;Y_1\;\;m^1\;^j\,dY_1\;\;j\;\;j\;\;1\;\;b_n^{11} m_{n\;j\;2}^1, \qquad (9)$$

где $b_n^{11} \;\; \frac{1}{n!}\;\frac{^n b_{11}}{Y_1^n}\;m^1$.

Остальные элементы b_{1l}, $2 \;\; l \;\; S$ первой строки можно привести к виду

$$\frac{^2\;b_{1l}}{Y_1\;\;Y_l}\;Y_1\;\;m^1\;^j\,dY_1\;\;\frac{j}{Y_l\;\;m^l}\;b_n^{1l} m_{n\;j\;1}^1\;\frac{j}{Y_l\;\;m^l}\;b_n^{1l} m_{n\;j\;1}^1\;m^l \qquad (10)$$

где $b_n^{1l} \;\; \frac{1}{n!}\;\frac{^n b_{1l}}{Y_1^n}\;m^1$, $b_n^{1l} \;\; \frac{1}{n!}\;\frac{^n b_{1l}}{Y_1^n}\;m^1, m^l$.

Элементы b_{k1}, $2 \;\; k \;\; I$ первого столбца принимают вид:

$$\frac{b_{k1}}{Y_k\;\;Y_1}\;Y_1\;\;m^1\;^j\,dY_1\;\;\frac{j}{Y_k\;\;m^k}\;b^{k1} m_{n\;j\;1}^1\;\frac{j}{Y_k\;\;m^k}\;b^{k1} m_{n\;j\;1}^1\;m^k \qquad (11)$$

$$b_n^{k1} \;\; \frac{1}{n!}\;\frac{^n b_{k1}}{Y_1^n}\;m^1, \; b_n^{k1} \;\; \frac{1}{n!}\;\frac{^n b_{k1}}{Y_1^n}\;m^1, m^k \;.$$

Диагональные элементы матрицы b_{kk} , $2 \;\; k \;\; \min\; S, I$ можно представить как

$$\frac{^2}{Y_k^2}\;b_{kk}\;Y_1\;\;m^1\;^j\,dY_1\;\;\frac{1}{Y_k\;\;m^k\;^2}\;b_n^{kk} m_{n\;j}^1\;\frac{1}{Y_k\;\;m^k\;^2}\;b_n^{kk} m_{n\;j}^1\;m^k \qquad (12)$$

$$b_n^{kk} \;\; \frac{1}{n!}\;\frac{^n b_{kk}}{Y_1^n}\;m^1, \; b_n^{kk} \;\; \frac{1}{n!}\;\frac{^n b_{kk}}{Y_1^n}\;m^1, m^k \;.$$

При выводе, полученных выше равенств было учтено, что

$$\frac{}{Y_k}\;b_{kk}\;m^k \;\; m^k \;\; Y_1 \;\; m^1\;^j\,dY_1 \;\; 0.$$

Все остальные элементы матрицы $b \;\; 2 \;\; k \;\; I$, $2 \;\; l \;\; S$, $k \;\; l$ выражаются через апостериорные моменты следующим образом:

$$\frac{2}{Y_k\ Y_l}\ b_{kl}\ Y_1\quad m^1\ ^j\ dY_1\quad \frac{1}{Y_k\quad m^k\quad Y_l\quad m^l}\quad b_n^{kl}m_{n\ \ j}^1\quad b_n^{kl}m_{n\ \ j}^1\quad m^k$$

$$b_n^{kl}m_{n\ \ j}^1\quad m^l\quad \bar{b}_n^{kl}m_{n\ \ j}^1\quad m^k,m^l \tag{13}$$

где $b_n^{kl}\quad \frac{1}{n!}\ \frac{^nb_{kl}}{Y_1^n}\ m^1$, $b_n^{kl}\quad \frac{1}{n!}\ \frac{^nb_{kl}}{Y_1^n}\ m^1,m^k$,

$b_n^{kl}\quad \frac{1}{n!}\ \frac{^nb_{kl}}{Y_1^n}\ m^1,m^l$, $\bar{b}_n^{kl}\quad \frac{1}{n!}\ \frac{^nb_{kl}}{Y_1^n}\ m^1,m^k,m^l$.

Для окончательного представления правой части уравнения (3) через апостериорные центральные моменты проведем аналогичные преобразования с третьим слагаемым. В результате будем иметь:

$$F\ Y,t\quad F\ t\quad Y_1\quad m^1\ ^j\ dY_1\quad f_n^1m_{n\ \ j}^1, \tag{14}$$

где $f_n^1\quad \frac{1}{n!}\ \frac{^nF}{Y^n}\ m^1$, $f_0^1\quad F_0$.

Подставив в уравнение (3) выражения (8) – (14) и собирая коэффициенты при соответствующих моментах, получаем уравнение для первой координаты:

$$m_j^1\quad c_{1n}^1m_{n\ \ j}^1\quad j\quad c_{2n}^1m_{n\ \ j\ \ 1}^1\quad \frac{j\quad j\quad 1}{2}\quad c_{3n}^1m_{n\ \ j\ \ 2}^1\quad d_{2n}^1m_{n\ \ j}^1\quad m^2$$

$$d_{3n}^1m_{n\ \ j}^1\quad m^3\quad j\quad d_{2n}^1m_{n\ \ j\ \ 1}^1\quad m^2\quad j\quad d_{3n}^1m_{n\ \ j\ \ 1}^1\quad m^3\quad \bar{d}_n^1m_{n\ \ j}^1\quad m^2,m^3.$$

Проводя аналогичные преобразования для остальных координат получаем рекуррентную форму

$$m_j^p\quad c_{1n}^pm_{n\ \ j}^p\quad j\quad c_{2n}^pm_{n\ \ j\ \ 1}^p\quad \frac{j\quad j\quad 1}{2}\quad c_{3n}^pm_{n\ \ j\ \ 2}^p\quad d_{1n}^pm_{n\ \ j}^p\quad m^1$$

$$d_{Sn}^pm_{n\ \ j}^p\quad m^S\quad j\quad d_{1n}^pm_{n\ \ j\ \ 1}^p\quad m^1\quad j\quad d_{Sn}^pm_{n\ \ j\ \ 1}^p\quad m^S \tag{15}$$

$$\bar{d}_n^p\quad 1,2\quad m_{n\ \ j}^p\quad m^1,m^2\quad \bar{d}_n^p\quad S\quad 1,S\quad m_{n\ \ j}^p\quad m^{S\ \ 1},m^S,$$

где индекс S обозначает размерность вектора состояния, $1\ p\ S$, j число моментов, используемых для аппроксимации уравнения (1), а коэффициенты, входящие в (15), приведены в приложении 2.

Заметим, что выражение (15) не содержит слагаемых с фиксированным p-м моментом.

Система апостериорных моментов (15) позволяет свести решение исходного интегро-дифференциального уравнения в частных производных Стратоновича к интегрированию системы обыкновенных дифференциальных уравнений. Очевидно, что такое интегрирование существенно более простое с точки зрения практического использования, чем традиционное

решение уравнения (3) методом сеток. В то же время анализ уравнений (15) показывает, что система апостериорных моментов не замкнута, что затрудняет ее использование. Но в ряде приложений, исходя из физики процесса, можно ожидать определенный вид плотности распределения [1-3, 8-10]. Учитывая это, будем полагать, что АПВ Y,t процесса Y_t может быть с требуемой точностью аппроксимирована распределением Пирсона [9].

$$\frac{Y_i,t}{Y_i} \quad \frac{Y_i \quad a_0^i}{b_0^i \quad b_0^i Y_i \quad b_0^i Y_i^2} Y_i, \tag{16}$$

$i \overline{1,3}$. где $a_0^i \quad b_1^i$, $b_0^i \frac{C_0^i}{d^i}$, $b_1^i \frac{C_1^i}{d^i}$, $b_2^i \frac{C_2^i}{d^i}$ – постоянные параметры распределения, однозначно определяемые первыми четырьмя центральными моментами $m_j, j \overline{2,4}$,

$$C_0^i \quad m_2^i \quad 4m_2^i m_4^i \quad 3 \quad m_3^i \quad ^2, \qquad C_1^i \quad m_3^i \quad 4m_4^i \quad 3 \quad m_2^i \quad ^2, \tag{17}$$

$$C_2^i \quad 2m_2^i m_4^i \quad 6 \quad m_2^i \quad ^3 \quad 3 \quad m_3^i \quad ^2, \quad d^1 \quad 10m_2^i m_4^i \quad 18 \quad m_2^i \quad ^3 \quad 12 \quad m_3^i \quad ^2.$$

Высказанное предположение о принадлежности Y_i,t к классу распределений Пирсона (16), позволяет, опираясь на рекуррентные соотношения

$$m_{n \ 1}^i \quad n \frac{C_0^i m_{n \ 1}^i \quad C_1^i m_n^i}{n \quad 2 \quad C_2^i} \quad k \quad C_0^i m_{n \ 1}^i \quad C_1^i m_n^i, \tag{18}$$

связывающие четыре первых момента АПВ с высшими моментами распределения преобразовать бесконечную систему моментов (15) в замкнутую систему обыкновенных дифференциальных уравнений:

$$\begin{aligned}
&m_2^p \quad L_2^p \quad m^p \quad ^T \quad G_{21}^p \quad m^p \quad m^1 \quad ^T \quad G_{2S}^p \quad m^p \quad m^S \quad ^T \\
&\quad G_{21}^p \quad m^p \quad m^1, m^2 \quad ^T \quad G_{2S}^p \quad m^p \quad m^S \ _1, m^S \quad ^T, \\
&m_3^p \quad L_3^p \quad m^p \quad ^T \quad G_{31}^p \quad m^p \quad m^1 \quad ^T \quad G_{3S}^p \quad m^p \quad m^S \quad ^T \\
&\quad G_{31}^p \quad m^p \quad m^1, m^2 \quad ^T \quad G_{3S}^p \quad m^p \quad m^S \ _1, m^S \quad ^T, \\
&m_4^p \quad L_4^p \quad m^p \quad ^T \quad G_{41}^p \quad m^p \quad m^1 \quad ^T \quad G_{4S}^p \quad m^P \quad m^S \quad ^T \\
&\quad G_{41}^P \quad m^P \quad m^1, m^2 \quad ^T \quad G_{4P}^P \quad m^P \quad m^S \ _1, m^S \quad ^T,
\end{aligned} \tag{19}$$

где коэффициенты L_i^p, $G_{ij}^p, \tilde{G}_{i,k}^p, i \overline{1,4}, j \overline{1,s}$, $k \overline{1,s \ 1}$ приведены в приложении 3,

– скалярное произведение,

T- символ транспонирования.

Решение системы (19) должно осуществляться при следующих начальных условиях:

$$m_j^p \quad t_0 \quad Y \quad m_1 \quad t \quad ^j \quad dY, \quad j \quad \overline{1,4}.$$

Пример.

Пусть динамический объект описывается уравнением вида

$$\dot{X} \quad X^2 \quad _t, \tag{20}$$

где X - фазовая переменная (без нарушения общности дальнейших рассуждений, будем считать ее безразмерной величиной),

$_t$ белый гауссовский шум с нулевым математическим ожиданием и интенсивностей $D \quad t$.

Уравнение наблюдателя за процессом (20) имеет вид:

$$Z \quad X \quad _t, \tag{21}$$

где Z – выходной сигнал измерителя, $_t$ белый гауссовский шум с нулевым математическим ожиданием и интенсивностью $D \quad t$.

Уравнение Стратоновича (3) в данном случае можно представить в виде:

$$t \quad X \quad X^2 \quad \frac{1}{2} \quad X^2 \quad F \quad X,t \quad F \quad X,t \quad dX \quad , \tag{22}$$

где $F \quad X,t \quad Z \quad X$.

Равенства (20)-(22) позволяют конкретизировать уравнения (19), которые для рассматриваемого примера могут быть записаны следующим образом:

$$m \quad m^2 \quad Z \quad 1 \quad m_2 \quad mm_2 \quad \frac{Z}{2} m_3, \tag{23}$$

$$m_2 \quad 1 \quad 4mm_2 \quad \frac{1}{2} m_2^2 \quad Z \quad m \quad 2 \quad m_3 \quad m_4,$$

$$m_3 \quad 3m^2 m_2 \quad 6mm_3 \quad 3m_4 \quad \frac{1}{2} m_2 m_3 \quad Z \quad m \quad m_4 \quad m_5,$$

$$m_4 \quad 4m^2 m_3 \quad 8mm_4 \quad 4m_5 \quad 6m_6 \quad \frac{1}{2} m_2 m_4 \quad Z \quad m \quad m_5 \quad m_6.$$

Для иллюстрации возможности эффективного использования предложенного алгоритма было проведено численное моделирование уравнений оценивания (23). Моделирование осуществлялось на временном интервале $t \quad 0;1000 \quad c$ с шагом t=0,01с методом Рунге-Кутты четвертого порядка. Начальная ошибка оценивания фазовой координаты X составила 0,05 метров.

Ошибка оценки X приведена в приложении 4 на рисунке П.4.1. Его анализ показывает, что она имеет установившийся характер и не превышают 0,01. Таким образом, результаты численного эксперимента свидетельствует о возможности эффективного практического использования предложенного алгоритма.

Заключение

Предложенный подход к синтезу алгоритмов фильтрации является обобщением существующих методов локальной и интегральной аппроксима-

ции АПВ и позволяет, наряду с сохранением всех их достоинств, повысить точность оценивания переменных состояния системы не только при асимметричных, эксцессных и финитных АПВ, но также и при изменении вида законно АПВ в течение времени фильтрации в рамках класса распределений Пирсона, что представляет собой большой практический интерес [5-7].

Кроме того, данный метод оказывается релевантным в случае изменения вида закона распределения системы в процессе её функционирования в рамках 12 возможных классов распределения Пирсона [4]. Данное обстоятельство делает его применение эффективным не только в традиционных динамических системах, но и в системах со случайной структурой, имеющих дискретный ряд вероятностей смены структур [3, 8]. Данное обстоятельство существенно расширяет область практического применения разработанного в статье метода решения уравнения Стратоновича.

Библиографический список

1. Красильщиков М.Н., Себряков Г.Г. Управление и наведение беспилотных маневренных летательных аппаратов на основе современных информационных технологий. − М.: Физматлит, 2005. − 280 с.

2. Соколов С.В., Половинчук Н.Я. Теоретические основы синтеза автономных помехоустойчивых бесплатформенных навигационных систем. / Ростов-на-Дону МО РФ, 1998. -340 с.

3. Соколов С.В., Погорелов В.А. Основы синтеза многоструктурных бесплатформенных навигационных систем. / С.В. Соколов, В. А.Погорелов. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. – 182 с.

4. Пугачев В. С., Синицын И. Н. Теория стохастических систем. М.: Логос, 2004. 1000 с.

5. Хуторцев, В.В. Современные принципы управления и фильтрации в стохастических системах. / В.В. Хуторцев, С.В. Соколов, П.С. Шевчук. – М.: Радио и связь, 2001. – 807 с

6. Синицын И.Н. Фильтры Калмана и Пугачева. М.: Логос, 2006. 640 с.

7. Тертычный-Даури, В.Ю. Стохастическая механика. / В.Ю. Тертычный-Даури. – М.: Факториал Пресс, 2001. – 350 с.

8. Лысенко, Л.Н. Теоретические и прикладные аспекты синтеза мультиструктурных схем рекуррентной обработки информации в навигационных системах летательных аппаратов. / Л.Н. Лысенко, Нгуен Танг Кыонг. // Изв. РАН. Теория и системы управления. – 1997. – №6. С. 38-48.

9. Тихонов, В.И. Статистическая радиотехника. / В.И. Тихонов. –М.: Радио и связь, 1982. –2470 с.

10. Тихонов, В.И. Статистический анализ и синтез радиотехнических устройств и систем. / В.И.Тихонов, В.Н Харисов. – М.: Радио и связь, 1991. – 2470 с.

СЕКЦИЯ № 2 СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

УДК 621.398

ПЛАНИРОВАНИЕ СЕАНСОВ СВЯЗИ ПРИ ВЫВЕДЕНИИ ПОЛЕЗНОЙ НАГРУЗКИ НА ОРБИТУ

Жуков А.В., Пирхавка А.П., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Планирование длительности сеансов связи во время выведения полезной нагрузки ракетой космического назначения (РКН) на орбиту является важной задачей. Время видимости и расстояние до РКН определяются траекторией ее полета и координатами наземного пункта приема (НПП) телеметрической информации. Допустимые скорости передачи и достоверность приема определяются энергетическими характеристиками радиолинии.

Дальность приема телеметрической информации определяется формулой:

$$r = \sqrt{\frac{P_{пер} K_y S_{эф}}{4\pi L_n P_{с.вх.}}}, \qquad (1)$$

где r - максимальная дальность связи, м;

$P_{пер}$ - средняя мощность бортового передатчика, Вт;

K_y - коэффициент усиления бортовой антенны;

$S_{эф}$ - эффективная площадь наземной приемной антенны, м^2;

L_n - суммарный коэффициент потерь при передаче сигнала;

$P_{с.вх.}$ - минимальный уровень мощности сигнала на входе приемника, необходимый для приема информации с заданной достоверностью, Вт.

Коэффициент усиления бортовой антенны K_y зависит от положения РКН относительно НПП и при осевой симметрии амплитудной диаграммы направленности антенны $f(\theta,\varphi)$ определяется формулой:

$$K = K_{y\max} f^2(\theta), \qquad (2)$$

где $K_{y\max} \approx \dfrac{2}{\int_0^{\pi} f^2(\theta)\sin\theta d\theta}$.

Результаты измерения диаграммы направленности щелевой антенны РКН приведены на рис. 1.

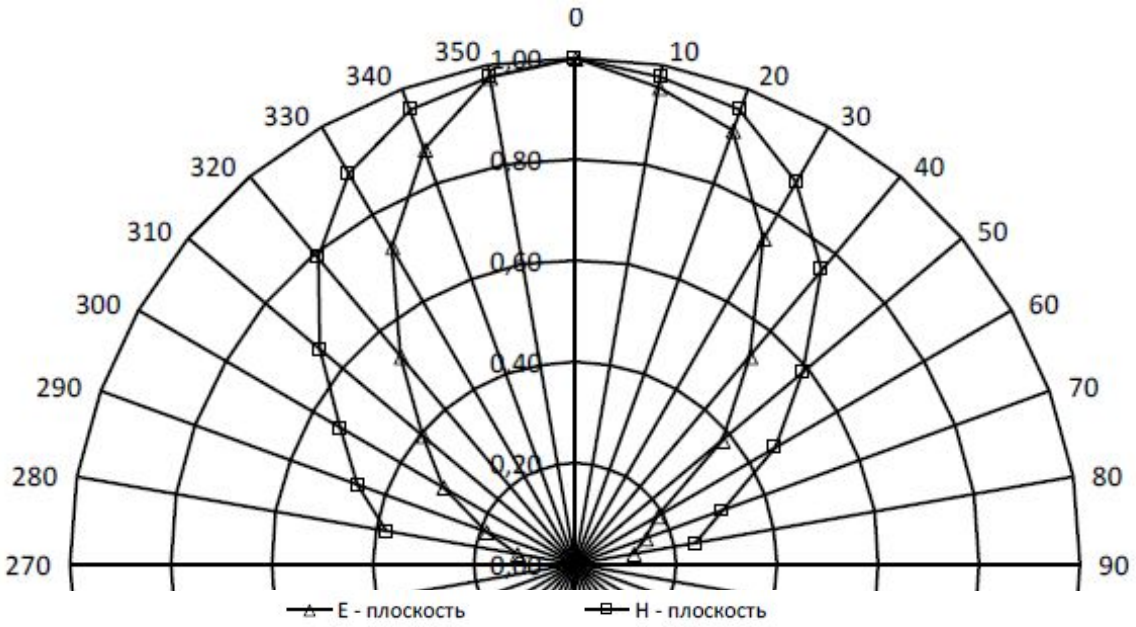


Рис.1 Диаграмма направленности щелевой антенны

Для использования результатов измерения диаграммы направленности при планировании сеансов связи необходимо выполнить ее аппроксимацию.

Как видно из рис.1, диаграмма направленности симметрична относительно вертикальной оси для обеих плоскостей измерения. В процессе выведения полезной нагрузки на орбиту положение диаграммы направленности бортовой антенны РКН относительно НПП меняется в обеих плоскостях. Для упрощения расчетов энергетики радиолинии целесообразно использовать более узкую в азимутальной плоскости диаграмму направленности.

Для удобства дальнейших расчетов представим диаграмму направленности антенны в азимутальной Е-плоскости в декартовой системе координат (рис. 2).

Предположим и докажем, что изображенный на рис.2 график представляет функцию, описываемую следующим выражением:

$$f(\theta) = A\cos(\alpha\theta) + B\,, \tag{3}$$

где A - амплитуда колебаний;

B - среднее значение;

α - коэффициент сжатия (растяжения).

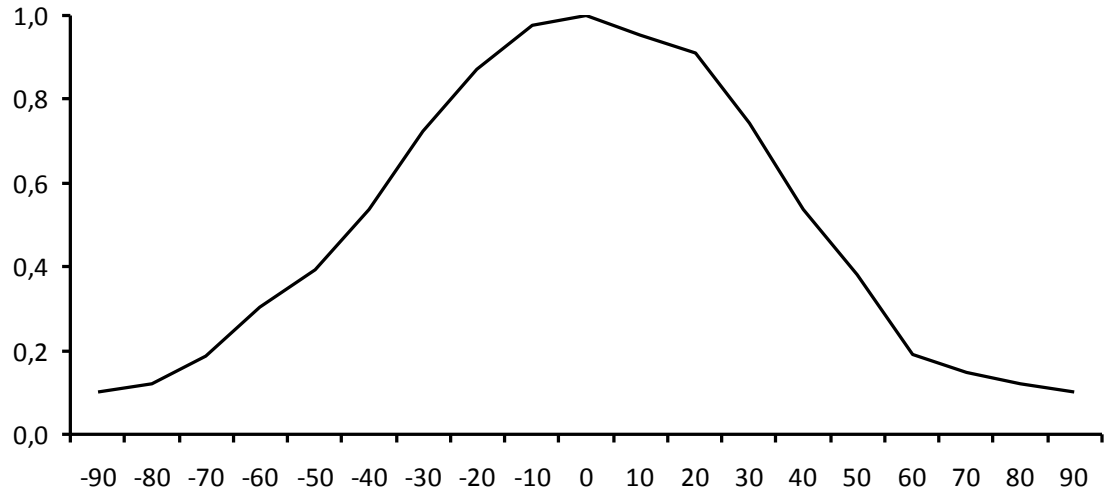


Рис.2 ДН антенны в Е-плоскости в декартовой системе координат

Определим значения A, B и α для построения аппроксимирующей функции. На рис.3 изображена функция, описываемая выражением (3).

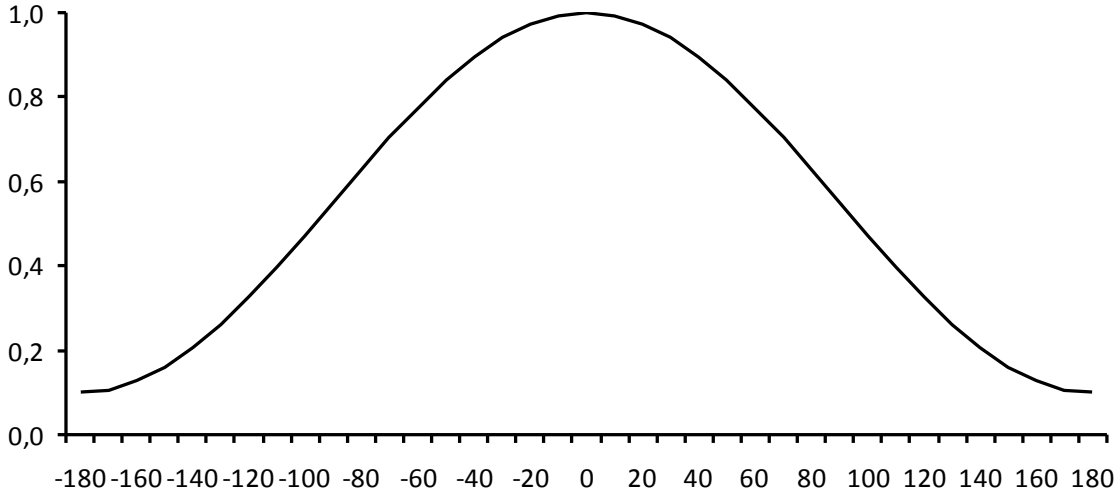


Рис. 3 График функции $f(\theta) = A\cos(\alpha\theta) + B$

Согласно рис. 3 получаем:

$$A + B = 1,$$
$$A + C = B$$
$$A + (A + C) = 2A + C = 1$$

Из последнего выражения выразим A, получаем

$$A = (1 - C)/2$$

Значение C соответствует минимальному значению функции. В нашем случае оно не измерено, поэтому его придется задать. Примем $C = 0{,}1$. При этом следует помнить, что значение C может быть изменено, после чего следует пересчитать значения A и B.

Теперь определим значения A и B. Получаем:

$$A = (1 - C)/2 = (1 - 0{,}1)/2 = 0{,}9/2 = 0{,}45$$
$$B = 1 - A = 1 - 0{,}45 = 0{,}55.$$

Коэффициент колебаний α определяется по формуле:

$$\alpha = \frac{2\pi}{T},$$

где T - период колебаний данной функции.

Для функции, изображенной на рис. 2, период колебаний равен:

$$T = \pi/2 - (-\pi/2) = \pi.$$

В результате получаем значение для α:

$$\alpha = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{\pi} = 2.$$

Итак, определив все параметры искомой аппроксимирующей функции, запишем ее вид:

$$f(\theta) = 0{,}45\cos(2\theta) + 0{,}55.$$

Вид полученной аппроксимирующей функции и исходной диаграммы направленности показан на рис. 4.

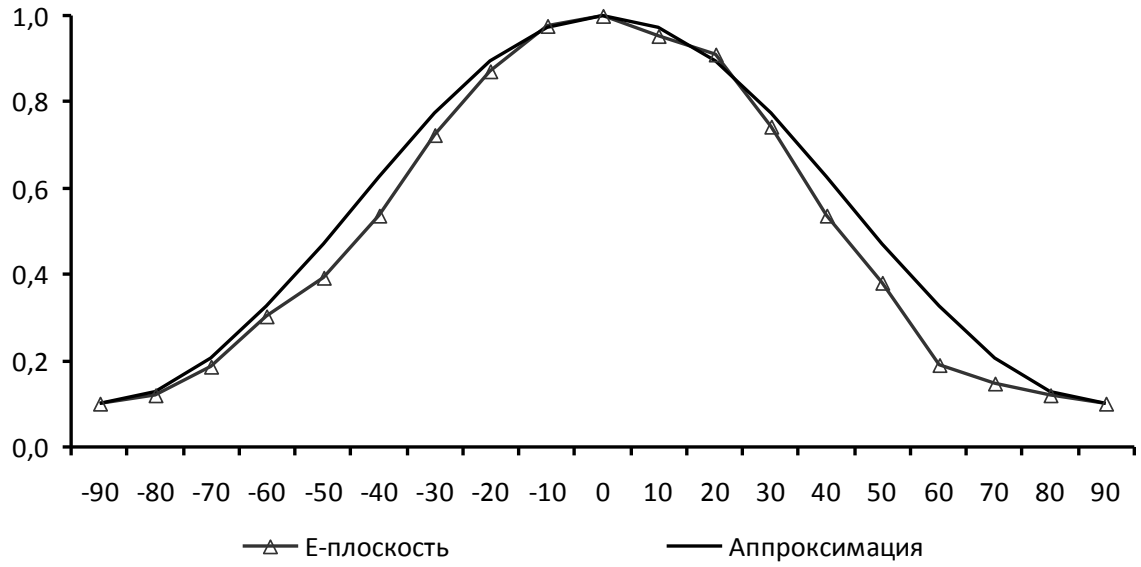


Рис. 4 ДН антенны Е-плоскости и аппроксимирующая функция

Определив аппроксимирующую функцию для $f(\theta)$, можно окончательно записать выражение для коэффициента усиления бортовой антенны при произвольном положении антенны в пространстве в случае, когда диаграмма направленности обладает осевой симметрией:

$$K = K_{y\max} f^2(\theta) = K_{y\max} (0{,}45\cos(2\theta) + 0{,}55)^2. \qquad (4)$$

Для определения времени сеансов связи необходимо знать зависимости угла θ, угла места и расстояния между РКН и НПП от времени полета с момента старта. Данные зависимости рассчитываются, исходя из траектории полета РКН.

Определение продолжительности сеансов связи сводится к сравнению расстояния между РКН и НПП с дальностью r, рассчитанной по формуле (1) с учетом (2) – (4). Начало сеанса связи соответствует времени, когда дальность приема телеметрической информации r становится больше расстояния между РКН и НПП. Конец сеанса связи соответствует времени, когда дальность r становится меньше расстояния между РКН и НПП.

Следует также отметить, что продолжительность сеансов связи рассчитывается отдельно для каждого НПП (с учетом его характеристик $S_{эф}$ или $P_{с.вх.}$) и для разной скорости передачи информации.

УДК 621.396

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СВЯЗИ С БЕСПИЛОТНЫМИ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ MIMO

Куликов Г.В., Тамбовский С.С., Стариковский А.И.,
МГТУ МИРЭА, Москва, Россия,
Матюшев О.Г., Шебакпольский М.Ф., ОАО «КБ «Луч», Россия

Расширение областей применения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) [1] требует обеспечения надежной и качественной связи с ними. Одним из сегментов использование БПЛА является обеспечение наблюдения в городах и пригородах, характеризующихся наличием зданий различной этажности, улиц, непостоянством форм рельефа местности, в следствие чего радиосигнал, принимаемый и передаваемый БПЛА, многократно отражаясь от поверхностей различных объектов претерпевает затухания. Помимо этого в городе работают и другие радиоустройства, присутствуют индустриальные помехи, а также нельзя исключать и наличие преднамеренных помех.

Для передачи информации с высоким качеством используются различные виды модуляции, такие как бинарная фазовая манипуляция (BPSK) или четырехпозиционная квадратурная амплитудная манипуляция (4QAM) [2]. Ранее проведенные авторами исследования показали, что в условия многолучевости данные сигнальные форматы уступают в помехоустойчивости многопозиционным частотно-манипулированным сигналам (M-FSK) и CPFSK (частотная манипуляция с непрерывной фазой). Впрочем, данные исследования были бы неполными без рассмотрения стандартных средств борьбы с многолучевым распространением, которые уже много лет активно применяются операторами сотовой связи, а именно технологии MIMO (много входов, много выходов) с пространственно-временным кодированием (OSTBC), что позволит повысить емкость канала без расширения спектра и увеличения мощности передатчика. [3]

Для исследований была реализована программная модель, в которую были заложены возможности использования любого из существующих сигнальных форматов, в том числе и CPFSK, радиоканала с белым гауссовским шумом, многолучевым распространением и релеевскими замираниями, где каждому лучу присваивается свой коэффициент ослабления и задержка распространения, рассчитываемая из геометрии расположения передатчика и приемника.

Основная идея, заложенная в методе OSTBC, заключается в использовании множества антенн как на приемном, там и на передающем концах системы, при приеме все принятые копии отраженного сигнала комбинируются оптимальным образом для корректного декодирования большей части информационных символов.

На Рис. 1 приведена полученная при моделировании зависимость вероятности битовой ошибки (*Pe*) от отношения сигнал/шум (*Eb/N*o) в канале для различных соотношений количества приемных (2) и передающих (2,4,6,8) антенн при использовании сигнального формата MSK в условиях двухлучевого распространения (один прямой луч, а второй претерпевает затухания и имеет задержку распространения) в сравнении с теоретической зависимостью, полученной с помощью выражения, приведенного в литературном источнике [4]. Можно видеть, что наиболее помехоустойчивым вариантом оказалось использование четырех антенн на БПЛА. Стоит заметить, что на большинстве БПЛА, которые могут использоваться в городе, и физически трудно разместить больше четырех антенн [5].

Рис. 2 демонстрирует эффективность технологии MIMO в разных условиях многолучевости. Использовался сигнал формата MSK в среде с изменяющимся количеством отраженных лучей (от 2 до 10). Аналогично предыдущему случаю каждый отраженный сигнал описывается задержкой и ослаблением. Для передачи используются кодирование OSTBC, 2 антенны, а на прием

4 антенны с декодированием по алгоритму OSTBC. Видно, что использование MIMO с OSTBC позволяет получить заметный выигрыш при наличии двух лучей в канале, но при увеличении числа лучей ситуация ухудшается.

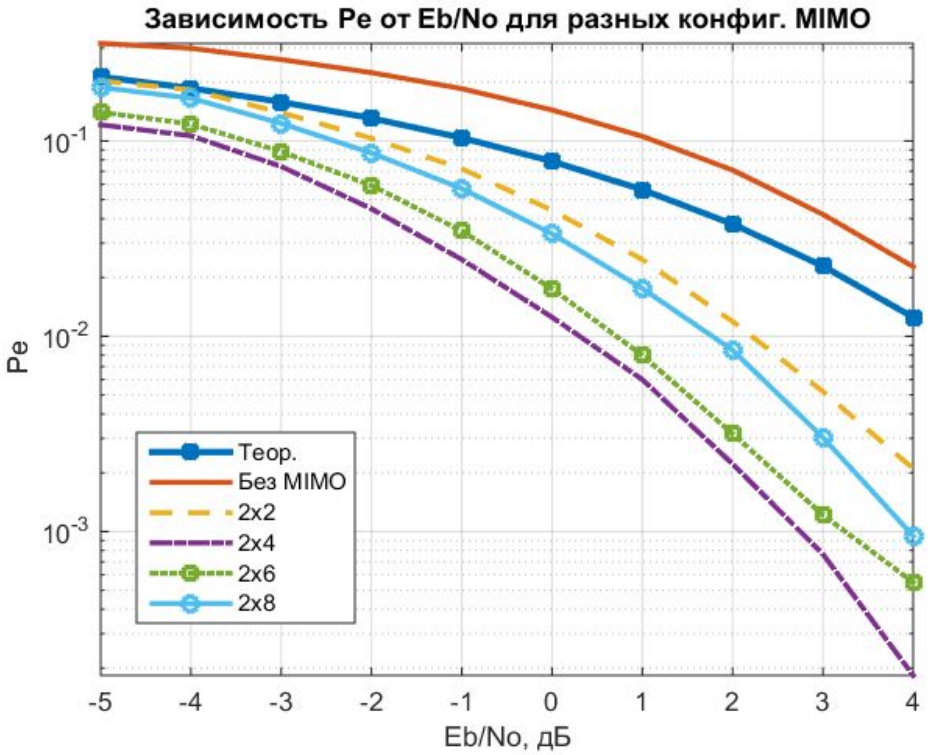


Рис. 1

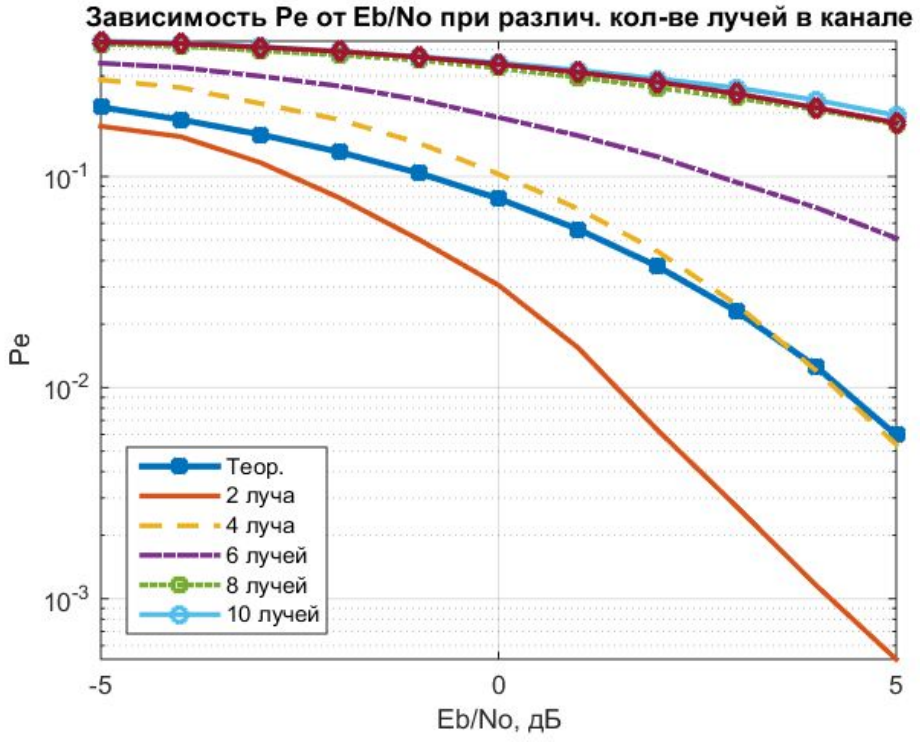


Рис. 2

Была исследована эффективность использования CPFSK сигналов для передачи информации в многолучевой обстановке. Для примера на Рис. 3 приведены результаты для двухпозиционных (известный сигнал с минимальной частной манипуляцией – MSK) и восьмипозиционных CPFSK сигналов при четырехлучевой модели распространения и условиями приема-передачи, аналогичными предыдущему случаю.

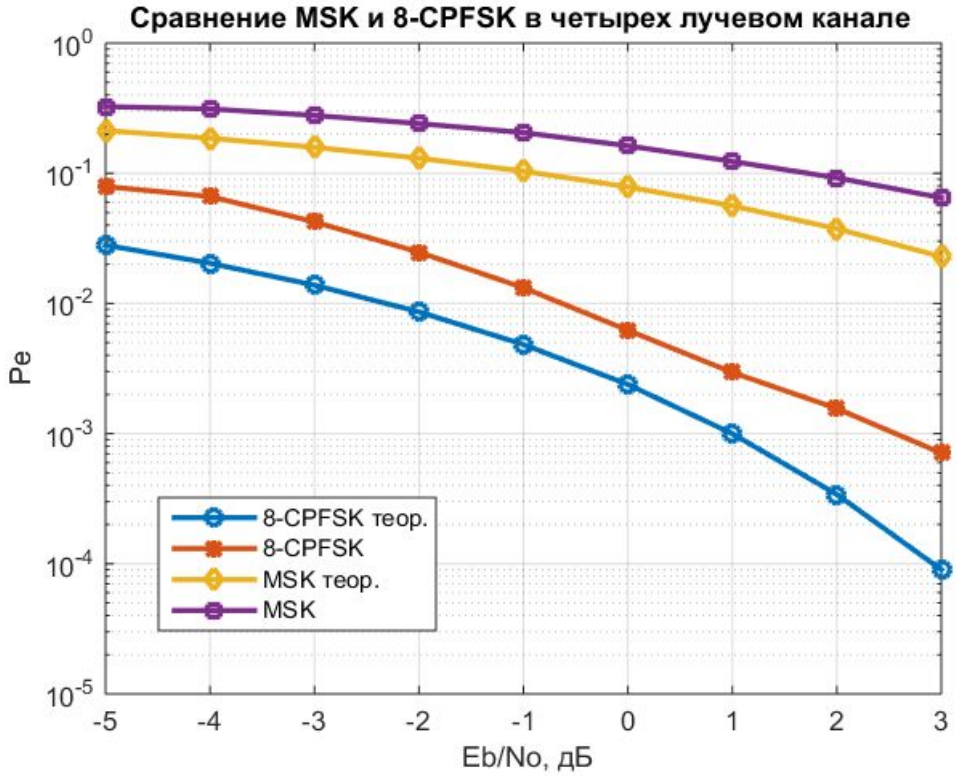


Рис. 3

На основании полученных результатов можно сделать вывод о предпочтительности использования технологии MIMO с OSTBC в системах связи с БПЛА, особенно при применении многопозиционной модуляции CPFSK, так как это позволяет улучшить качество связи и, что свойственно упомянутым сигнальным форматам, эффективно использовать рабочую полосу частот.

В заключении отметим, что на практике часто реализуют OSTBC вместе с Треллис-модуляцией (TCM), которую обычно применяют в каналах с ограниченной полосой.

Библиографический список

1. Reg Austin. Unmanned Aircraft Systems. – John Wiley & Sons Ltd, 2010. – 333 p.

2. Боев Н. М. Способы повышения энергетической и спектральной

эффективности цифровых систем связи беспилотных летательных аппаратов // Труды МФТИ, 2014 – Т.6 – № 2.

3. Foschini G. J. Layered Space-time Architecture for Wireless Communication in a Fading Environment When Using Multiple Antennas, Bell Labs Tech. Journal, 1996, L(2), pp.41~59.

4. Proakis, J. G., Digital Communications, 4th Ed., McGraw-Hill, 2001.

5. Xijun Gao, Zili Chen, Yongjiang Hu Analysis of Unmanned Aerial Vehicle MIMO Channel Capacity Based on Aircraft Attitude. UAV Engineering Department Mechanical Engineering College 050003, Shijiazhuang China.

УДК 621.396

УЛЬТРАЗВУКОВОЕ СКАНИРОВАНИЕ ПОКРЫТИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИГНАЛОВ С ЛИНЕЙНОЙ ЧАСТОТНОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ

Богаченков А.Н., Киселева Т.П., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Рассмотрены задачи выбора метода регистрации и принципа построения аппаратуры для ультразвукового (УЗ) неразрушающего контроля различных объектов с адгезионными покрытиями с целью их паспортизации. Ключевым требованием к подобным приборам является экономное использование памяти для хранения обрабатываемых данных о состоянии покрытия, то есть использование закодированной или сжатой информации, поступающей от объекта. При этом, как правило, не ставится задача высокой скорости обработки.

Принцип работы прибора состоит в создании посредством акустического преобразователя сфокусированной УЗ волны, которая распространяется в иммерсионной жидкости до поверхности исследуемого образца. Часть волны отражается от поверхности, часть проходит до нижней границы адгезивного слоя и, отражаясь от границы, принимается этим же акустическим элементом, создавая «отклик» сканирующего сигнала с разбросом начального фазового сдвига отраженного сигнала по сравнению со сканирующим. В отличие от широко используемых устройств с импульсным излучением [1, 2] в данном приборе применяется сигнал с линейно-частотной модуляцией (ЛЧМ).

Отраженный от объекта ЛЧМ–импульс, прошедший через согласованный фильтр, характеризуется высокой амплитудой центрального лепестка взаимной корреляционной функции (ВКФ) ЛЧМ–импульса и импульсной характеристики фильтра, высоким отношением сигнал/шум, а также большим коэффициентом сжатия $К_{СЖ}$. Амплитуда центрального

лепестка и $К_{СЖ}$ пропорциональны базе сигнала [3].

При тестировании многослойных покрытий, что в настоящее время является одной из актуальных задач, высокая разрешающая способность «сжатых» откликов сканирующих ЛЧМ–импульсов, даже в случае перекрытия импульсов, отраженных от разных слоев, позволяет разделять отклики при подборе параметров ЛЧМ–импульсов, обеспечивающих большую базу сканирующего сигнала. Кроме того, в целях повышения достоверности информации отклика ЛЧМ–импульса, прошедшего через адгезивный слой, предлагается производить обработку откликов не только во временной, но и частотной области. При этом полученный с помощью прямого преобразования Фурье спектр отклика ЛЧМ–импульса достаточно широк, особенно при большой девиации частоты, что противоречит ключевому требованию экономии памяти для хранения результирующей информации. Одним из возможных решений проблемы является перемножение отраженного и опорного сканирующего сигналов с последующим выделением низкочастотной огибающей. Эти операции, в зависимости от используемого диапазона частот, могут осуществляться либо программно с использованием процессора, либо аппаратными средствами.

В качестве предварительного этапа реализации устройства является моделирование отдельных аппаратных узлов и алгоритмов в среде MATLAB. На рис. 1 показаны две различные системы обработки отраженных сигналов.

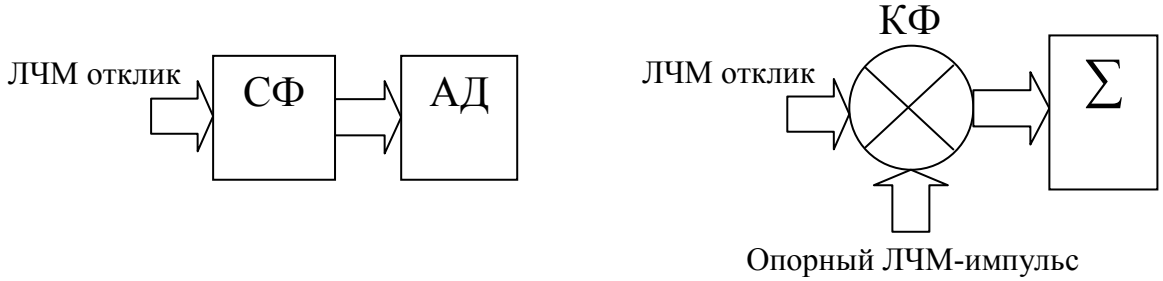


Рис. 1. Приемник ЛЧМ–отклика: а) с согласованным фильтром (СФ) и амплитудным детектором огибающей (АД); б) с корреляционным фильтром (КФ) и сумматором–накопителем (∑).

С выхода СФ (рис. 1,а) получаем «сжатый» ЛЧМ-сигнал, формируемый за счет «зеркальной» импульсной характеристики СФ по отношению к временной диаграмме сканирующего ЛЧМ–импульса.

С выхода коррелятора (рис. 1,б) получаем взаимную корреляционную функцию опорного ЛЧМ–сигнала и принятого отклика. Следует заметить, что при использовании в приемнике корреляционного фильтра для достоверности результатов обработки схема нуждается в точной фазовой

синхронизации опорного и принятого ЛЧМ–сигналов. В схеме рис. 1,а необходимость в точной фазовой синхронизации отсутствует.

При моделировании прохождения ЛЧМ–откликов через СФ и КФ выявлено, что наиболее существенные отличия наблюдаются при фазовом сдвиге $\Delta\varphi = \pi/2$ между сканирующим ЛЧМ–импульсом и откликом по сравнению с вариантом $\Delta\varphi = 0$. Интересен и промежуточный вариант фазового сдвига $\Delta\varphi = \pi/4$. Использовались следующие модели:

- сканирующий (опорный) ЛЧМ-сигнал:

$$V(t) = U_m \cdot \cos[\omega_0 \cdot t + (\mu \cdot t^2)/2];$$

- импульсная характеристика согласованного фильтра

$$H_{sf}(t) = U_m \cdot \cos[-\omega_0 \cdot t - (\mu \cdot t^2)/2];$$

- интеграл свертки ЛЧМ–отклика и импульсной характеристики согласованного фильтра:

$$\text{ВКФ}_{sf}[V(t) \cdot H_{sf}(t-\tau)] = \int_{-\tau u/2}^{\tau u/2} U_m \cdot \cos[\omega_0 \cdot t - (\mu \cdot t^2)/2] *$$

$$U_m \cdot \cos[-\omega_0 \cdot (\tau - t) - \mu \cdot (\tau - t)^2/2]\ dt;$$

– интеграл свертки ЛЧМ–отклика и опорного ЛЧМ–сигнала при прохождении корреляционного фильтра:

$$\text{ВКФ}_{kf}[V(t) \cdot V(t-\tau)] = \frac{1}{\tau u} \int_{-\tau u/2}^{\tau u/2} U_m \cdot \cos[\omega_0 \cdot t + (\mu \cdot t^2)/2] *$$

$$U_m \cdot \cos[\omega_0 \cdot (\tau - t) + \mu \cdot (\tau - t)^2/2]\ dt.$$

При $\Delta\varphi = \pi/4$, $\Delta\varphi = \pi/2$, $\Delta\varphi = \pi$ между сканирующим ЛЧМ–импульсом (либо импульсной характеристикой согласованного фильтра) и откликом математические модели сигналов подобны описанным выше с учетом добавления указанных фазовых сдвигов.

Примеры некоторых сигналов показаны на рис. 2.

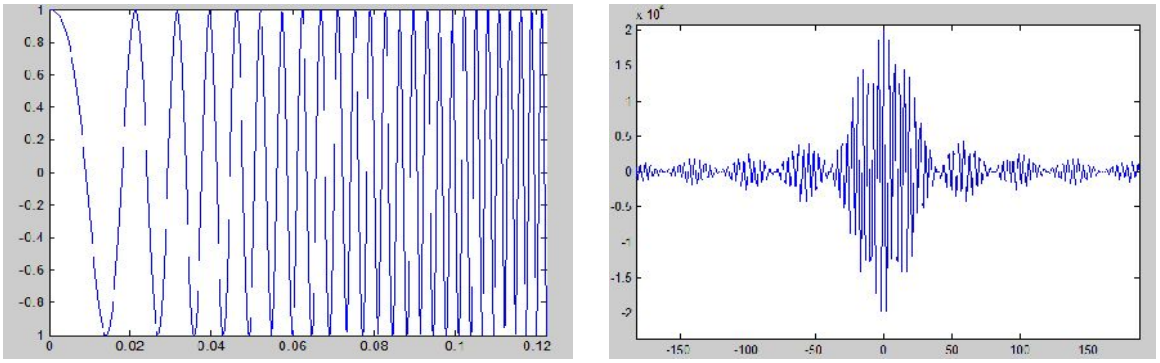


Рис. 2. Сканирующий ЛЧМ-импульс (слева) и взаимная корреляционная функция ЛЧМ-импульса и отклика (справа).

Анализ результатов моделирования в среде MATLAB процессов прохождения откликов через КФ и СФ с различными сдвигами фаз между откликом и опорным ЛЧМ–импульсом показывает, что при малых разностях фаз (в пределах $\pi/4$) существенной разницы в качественных характеристиках сжатых откликов на выходах КФ и СФ нет.

Способы формирования сканирующего ЛЧМ–импульса для УЗ контроля покрытий могут быть как программными, так и аппаратными в зависимости от требований к функциональным особенностям разрабатываемых устройств. Предполагается, что базовый модуль предназначен для программного формирования сканирующего ЛЧМ–импульса средствами центрального микропроцессора, что возможно при использовании программируемых компонентов с тактовой частотой не ниже 70…100 МГц.

Для тестирования многослойных покрытий ситуация меняется. Для увеличения пространственного разрешения при обработке перекрывающихся откликов желательно не только повысить скорость формирования импульсов сканирования, но и увеличить в разы частоту девиации сканирующего ЛЧМ–импульса для получения высокого коэффициента сжатия отклика, пропорционального базе сканирующего ЛЧМ–импульса.

При решении этой задачи для формирования ЛЧМ–импульса рациональнее использовать специализированную многофункциональную микросхему. Таким примером является устройство прямого цифрового синтеза (DDS) AD9854 фирмы Analog Devices.

Альтернативным вариантом аналогового формирования сканирующего ЛЧМ–импульса предлагается дисперсионная ультразвуковая линия задержки (ДУЛЗ) как формирователь сигнала и аналогичная ДУЛЗ с «зеркальными» параметрами в качестве согласованного фильтра при приеме и обработке откликов, отраженных от адгезивных слоев [4]. Преимущества этого схемного решения по сравнению с вариантом применения микросхемы DDS состоят в отсутствии шумов дискретизации и спектральных искажений. Недостатком же такого метода формирования ЛЧМ–импульсов является сравнительно узкий спектр девиации частоты ЛЧМ–импульса.

В результате анализа различных решений было принято, что для целей паспортизации адгезивных однослойных покрытий толщиной не менее 1-2 мм методом УЗ сканирования и обработки откликов с последующим запоминанием полученной информации во временной и частотной области без требований высокой скорости проведения исследования оптимальным является построение базового модуля с учетом следующих факторов:

- программное формирование сканирующего ЛЧМ–импульса;
- программная обработка откликов;
- использование программной модели СФ и АД;
- применение в качестве базового модуля отладочной платы на основе центрального процессора ADSP2185M;

На рисунке 3 представлена функциональная схема предлагаемого устройства. На ее основе разработана также принципиальная схема прибора.

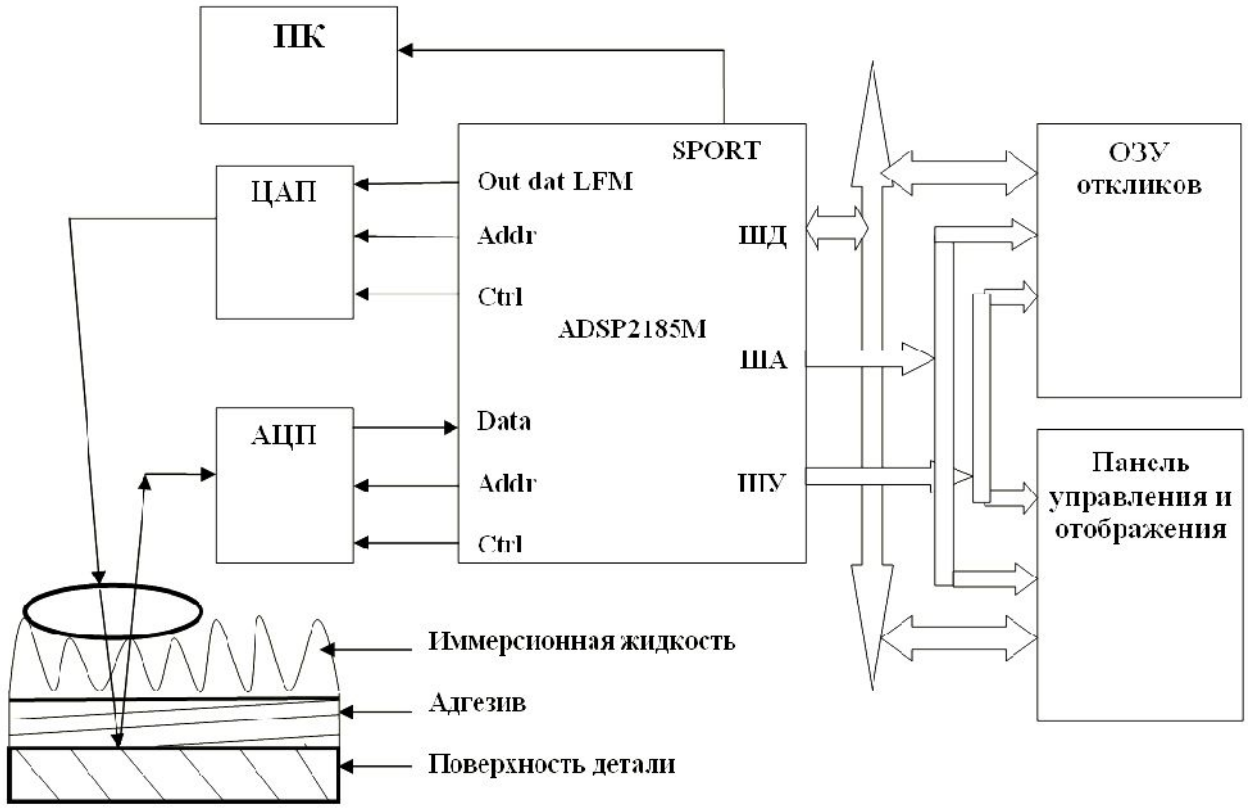


Рис. 3. Функциональная схема модуля УЗ сканирования адгезивных покрытий

Библиографический список

1. Маев Р.Г. Акустическая микроскопия. – М.: Торус Пресс, 2005. – 383 с.

2. Ермолов И.Н., Ланге Ю.В. Ультразвуковой контроль. – М.: Машиностроение, 2004. – 864 с.

3. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы. – М.: Высшая школа, 2000. – 462 с.

4. Бугаев А. С., Дмитриев В. Ф., Кулаков С. В. Устройства на поверхностных акустических волнах. – СПб.: ГУАП, 2009. – 188 с.

УДК 621.396

ПУТИ РЕАЛИЗАЦИИ ПЕРСПЕКТИВНОЙ ИНФОРМАЦИОННО-КОМАНДНОЙ РАДИОСИСТЕМЫ ДЛЯ СИСТЕМ СВЯЗИ С БПЛА

Матюшев О.Г., Шебакпольский М.Ф., ОАО «КБ «Луч», Россия,
Куликов Г.В., Тамбовский С.С., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Практика проектирования и применения систем связи с БПЛА показывает, что в настоящее время наиболее интересными для разработчиков перспективной информационно-командной радиосистемы (ИКРС) считаются такие элементы технологий, как OFDM-модуляция, позволяющая решать задачи радиосвязи при отсутствии прямой видимости (NLOS) и в условиях многолучевого распространения сигналов, а также MIMO и Smart, которые будут использоваться во всех эволюционных технологиях, включая LTE для сетей GSM и UMB для сетей CDMA.

В перспективной ИКРС планируется применить ряд новых технологических решений, начиная с методов модуляции OFDM, устойчивых к замираниям, и методов кодирования FEC, до адаптивных методов формирования и обработки сигналов с целью решения задач ЭМС, разделения сигналов и т.д. Оборудование ИКРС будет оптимизировано для передачи смешанного трафика: речи, видео и данных с поддержкой качества обслуживания QoS.

Согласно [1], адаптивные антенные системы (ААС) могут улучшать дальность и пропускную способность радиосистемы, приспосабливая ДН направленности и концентрируя излучение для каждого индивидуального абонента. Спектральная эффективность может быть увеличена пропорционально числу элементов антенны, при этом достигаются следующие преимущества – увеличение отношения сигнал-шум (SNR) и сокращение влияния помех.

Технология MIMO – сегодня одно из наиболее перспективных направлений развития беспроводных систем передачи данных. Она предполагает наличие в приемнике и передатчике нескольких антенных каналов. Задействовать эти каналы можно по-разному: они могут функционировать как абсолютно независимые (например, поляризационно- или частотно-разнесенные) и как коррелированные. Цели применения MIMO-техники – увеличение скорости передачи при повышении спектральной эффективности по сравнению с «традиционными» системами.

Применение технологии MIMO совместно с OFDM-модуляцией фактически дает дополнительное кодирование информации, так называемое пространственно-временное кодирование STC (space-time coding). Именно

такое сочетание кодирования в частотной и пространственной области обеспечивает множественность путей распространения сигнала, что делает систему связи более надежной, в частности, благодаря устойчивости к межсимвольной интерференции. Последнее крайне актуально при создании систем передачи информации в условиях наличия интерференции сигнала, например, в условиях городской застройки в горной и лесной местности, где уровень переотражения сигнала велик.

В упрощенном виде технологию MIMO можно представить как разделение высокоскоростного потока OFDM символов на N потоков, где N – число передающих антенн. По сравнению с «традиционными» системами с одной антенной-SISO (один вход, один выход), если в каждом канале сохранить номинальную скорость, общая пропускная способность системы теоретически возрастает в N раз, или если суммарная пропускная способность постоянна, то скорость в каждом канале можно снизить в N раз. Это позволит, например, увеличить дальность передачи, так как чем медленнее канал, тем ниже предельно допустимое соотношение сигнал/шум (SNR).

С ростом числа приемных антенн увеличивается и надежность работы MIMO – системы. Это связано с пропорциональным увеличением числа пространственных каналов. Чем их больше, тем более вариативна принимаемая информация и тем ниже вероятность полного замирания сигнала сразу во всех каналах. Благодаря этому и учитывая повышение усиления обработки в системах с MIMO, увеличивается не только пропускная способность, но и зона покрытия без увеличения мощности, а значит, и габаритных размеров передатчика.

При многолучевом распространении радиоволн на пересеченной местности и множественных переотражениях сигналов актуально применение технологии многоантенных систем MIMO совместно с технологией ЦАР. Один из первых примеров использования технологии MIMO для связи с летательными аппаратами – двухантенная передача телеметрических данных с борта летательного аппарата на наземную станцию телеметрии – описан в [2].

В работе [3] была продемонстрирована эффективность применения простейшей схемы пространственно-временного кодирования по алгоритму Аламоути для варианта "2 бортовых антенны – один наземный приемник" (схема MISO, много входов – один выход).

Типовая система MIMO по схеме "2x1" при решении задач бортовой телеметрии приведена на рис. 1 [4].

Наличие двух антенн на корпусе БПЛА позволило решить проблему поддержки надежной связи при разных ориентациях корпуса БПЛА относительно направления на наземную станцию.

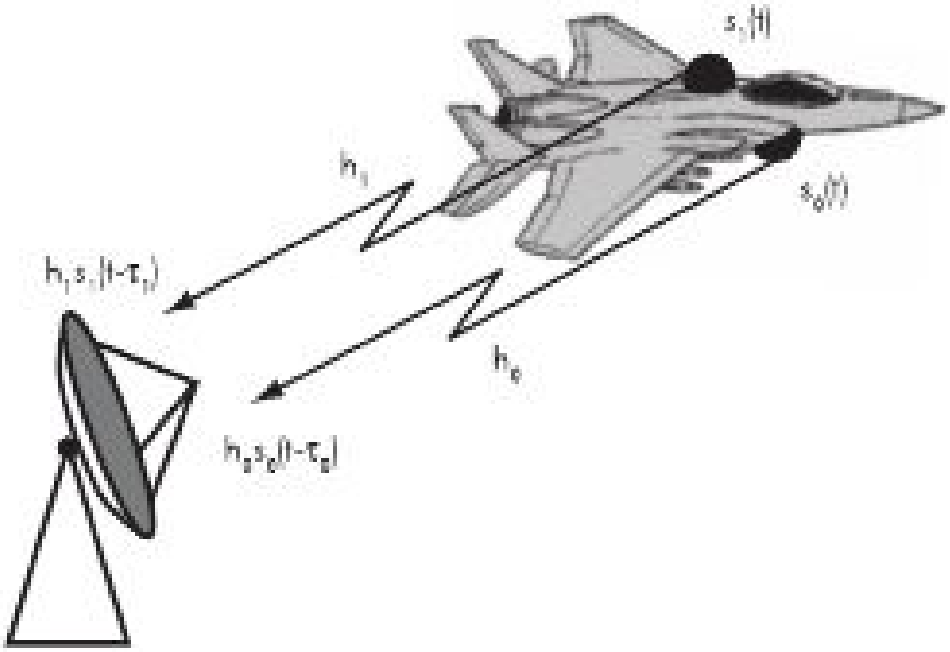


Рис 1. Типовая система MIMO по схеме "2x1" при решении задач бортовой телеметрии

Таким образом, при формировании требований к перспективным радиолиниям связи с БПЛА необходимо ориентироваться на предпочтительное применение сигналов с модуляцией COFDM в сочетании с технологиями цифрового диаграммообразования Smart, MIMO и мультиMIMO (MultiUser MIMO). Все это позволяет обеспечить максимальную спектральную эффективность каналов связи и их устойчивость к влиянию помех.

Отдельно следует остановиться на технологии COFDM (ортогональная частотная модуляция с кодированием), используемой в системах связи 3, 4 поколений в стандартах 802.11a, Hiper LAN2, 802.16a, WMAN-COFDM и др.

При COFDM-модуляции осуществляется разделение потока данных на *N* подканалов, каждый из которых выполняет модуляцию своей поднесущей, выделенной в общей полосе частот. В этом аспекте модуляция одной поднесущей (SC) BPSK или QPSK методом с возможностью временного разделения (TDD) и/или частотного (FDD) разделения дуплексных каналов, а также с возможностью использования нескольких литерных частот в выделенной полосе частот является частным случаем OFDM технологии.

Практическая реализация на аппаратно-программном уровне режима с одной несущей (SC) намного проще, чем OFDM, что связано в первую очередь с необходимостью обеспечения очень высокой линейности радиочастотного тракта при использовании COFDM. Необходимость ухода от усложнения аппаратуры, вызванного этим обстоятельством, в коммерче-

ских предложениях выливается в ухудшение относительно SC таких важных характеристик, как чувствительность и динамический диапазон.

При анализе и выборе необходимой технологии формирования сигнала для передачи видеоинформации необходимо учитывать, что технология OFDM при всех ее достоинствах имеет очень большой недостаток, а именно: более низкий энергетический потенциал и, как следствие, ограничение радиуса действия.

Исходя из вышеизложенного, предлагается к использованию комплексированная сигнально-кодовая конструкция (СКК) с модуляцией BPSK или QPSK на N поднесущих для использования в условиях NLOS (например, в урбанизированной местности) и с модуляцией одной несущей (SC) в условиях LOS и на максимальных дальностях действия (на предельно достижимых энергетических характеристиках) с использованием адаптивной антенной системы (Smart, MIMO) на БПЛА МД и остронаправленной антенны с функциями координатометрии и автосопровождения на НПУ.

В качестве примера использования такого подхода к выбору СКК может являться радиосистема ARDS – система для широкополосной передачи данных разведки, разработанная компанией OHB System AG (Австралийская группа). Далее приводятся данные по этой системе.

Для осуществления высокоскоростной передачи радиочастотных данных между самолетом/БПЛА и наземными станциями, компания OHB System AG разработала линию передачи данных ARDS Data Link. Она предназначена для беспрепятственной передачи данных воздушной разведки с высоким разрешением на расстоянии более 250 километров, и, тем самым, осуществления наблюдения и разведки с передачей данных в реальном масштабе времени. Внешний вид составных частей ARDS системы приведен на рис. 2.

1 2 3 4

1 – Основание (пьедестал) антенны ADT

2 – Оконечное устройство приема данных о воздушной обстановке

3 – Наземное оконечное устройство линии передачи данных

4 – Модулятор

Рис. 2. Составные части ARDS системы

Основные характеристики ARDS системы приведены в таблице 1.

Таблица 1

Наименование характеристики	Значение характеристики
Чистая скорость передачи данных: – для многолучевого распространения – для высотных платформ	 83 Мбит/с, COFDM 247 Мбит/с, одна несущая
Диапазон	250 км (увеличивается посредством ретрансляции)
Два направления	да
Частота	Ku-Band*
Мощность передатчика	4 и 20 Вт SSPA*
Внешние условия	в соответствии с MIL-STD-810F
Применения	Передача данных воздушной разведки с пилотируемой платформы и БПЛА, систем радиорелейной связи
* – другие варианты по запросу	

Линия передачи данных ARDS Data Link создана на базе программно-определяемой радиосистемы, что позволяет перепрограммировать систему «на ходу». Кроме того, за счет наличия цифрового тракта для приемника/передатчика с одной несущей (модуляция QPSK), ARDS предлагает, например, линию передачи данных на основе COFDM (мультиплексирование на основе ортогонального разделения частот), которая обеспечивает надежную передачу данных в не защищенной от помех среде благодаря многолучевому распространению (например, в урбанизированной местности). Иерархическая модуляция и кодирование делает возможным масштабирование скорости передачи данных и обеспечивает безопасность передачи данных. Помехоустойчивость каналов нисходящей/восходящей связи ARDS может быть усовершенствована и адаптирована к текущему «сценарию» возможных помех за счет изменения распределения и кодирования.

ARDS обеспечивает высокоскоростную передачу, сжатие изображения и управление данными.

Приемник ARDS обеспечивает возможность использования разноса антенн. Используемая модель подразумевает одновременное использование множества антенн и неразрывное переключение канала без потери связи.

Наземный сегмент ARDS доступен в разных вариантах. Основа состоит из 1.2 м параболической антенны-тарелки с усилением в 40 dBi. Для применений на воздушных суднах ARDS предлагает несколько высокоэффективных антенных пьедесталов и антенн. На рис. 3 представлены разные варианты ARDS.

Рис. 3. Варианты ARDS

Для датчиков связи, хранения данных датчика и метаданных и адаптации количества данных датчика к пропускной способности линии, ARDS предоставляет систему управления данными ARDS. Сенсорное управление, дисплей и распределение/пересылка данных в соответствии с STANAG 4609 также является частью системы управления данными ARDS в наземном пункте управления ARDS.

За счет использования эффективного метода сжатия Wavelet OHB, система управления данными ARDS способна сжимать высокоразрешающие данные разведки. Это обеспечивает эффективную, безопасную передачу этих данных в режиме реального времени, и тем самым, гарантирует эффективную оценку данных датчика в наземном пункте управления ARDS. В качестве альтернативы можно использовать программу видеокодеков H.264. ARDS предлагает множество интерфейсных опций для различных датчиков через CCIR, SDI (SD- и HD-Video до 1080p) или Gigabit Ethernet [5].

Библиографический список

1. В.М.Вишневский, А.И.Ляхов, С.Л.Портной, И.В.Шахнович Широкополосные беспроводные сети передачи информации. Москва: Техносфера, 2005 – 592с.

2. Tom Nelson. Space-Time Coding with Offset Modulations. A dissertation for the degree of Doctor of Philosophy. – Department of Electrical and Computer Engineering, Brigham Young University, December, 2007. – contentdm.lib.byu.edu/ETD/image/etd2155.pdf.

3. R.C.Crummett, M.A.Jensen, and M.D.Rice. Transmit diversity scheme for dual-antenna aeronautical telemetry systems. – Proceedings of the 38th International Telemetering Conference, San Diego, CA, October 21–24, 2002, p. 113–121.

4. Электроника:НТБ 5/2010. В. Слюсар. Радиолинии связи с БПЛА Примеры реализации.

5. www.ohb-system.de.

УДК 528.87

КОСМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ВЛАЖНОСТИ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Викторов А.С., Трефилов Д.Н., Шубин В.А., Троян С.В., Панков А.В.
АО "Космические новации", ФГУП "Космическая связь",
ФГУП "ЦНИРТИ им академика А.И. Берга", МГТУ МИРЭА,
Москва, Россия

Знание влажности почвы важно для гидрологии, прогнозирования изменения климата и сельского хозяйства. Измерение содержания влаги в почве может спрогнозировать потенциальную опасность наводнений, узнать энергетический баланс между землей и атмосферой. Влажность почвы определяется с использованием пассивных инфракрасных и микроволновых радиометров и активных спутниковых РЛС [1-3]. В настоящее время также для мониторинга земной поверхности и атмосферы используются сигналы космических навигационных систем.

Название спутника	Диапазон длин волн	Год запуска	Пространственное разрешение
RISAT-1 (Индия)	C	2012	3-15
Sentinel-1, (ЕС)	C	2015	5-20
SAOCOM - 1 (Аргентина, Италия)	L	2015	5
ALOS – 2 (Япония)	L	2013	3-15
COSMO-SkyMed (Италия)	X	2015	1-15
RADARSAT (Канада)	C	2015	1-100
BIOMASS, ЕС	P	2015	50
NovaSAR – S (Англия)	S	2015	6-30
SMAP (США)	X	2015	3-15
Метеор – М (Россия)	X	2014	2-15

Глобальная навигационная спутниковая система, включающая Глобальную Систему Позиционирования (GPS) в США, отечественную систему ГЛОНАСС, европейскую Галилео и китайскую КОМПАСС, может быть использована как высокоточный, непрерывный, всепогодный инструмент, работающий в микроволновом диапазоне с пренебрежимо малой задержкой по времени, с сигналами, проходящими сквозь земную атмосферу. Отраженный от земной поверхности сигнал навигационной системы аналогичен зондирующему сигналу РЛС, отраженному от поверхности земли или океана. Основные отличия зависят от различия диэлектрической проницаемости, неровно-

сти поверхности и возможности наличия растительного покрова.

Радарная космическая съемка в настоящее время выполняется в сверхвысокочастотной (СВЧ) области радиоволн, подразделяемой на X-, C- и L-диапазоны, как показано в таблице. В ближайшее время также планируется запуск космического радиолокатора P-диапазона (BIOMASS, Европейское космическое агентство — ESA).

В качестве бортовых антенн космических систем мониторинга применяются разворачиваемые зеркальные антенны и антенны с синтезированной апертурой (АСА). На рис.1 показан внешний вид спутника SMAP с разворачиваемой антенной, с диаметром зеркала 6 м., позволяющей измерять влажность земной поверхности на глубине до 5 см.

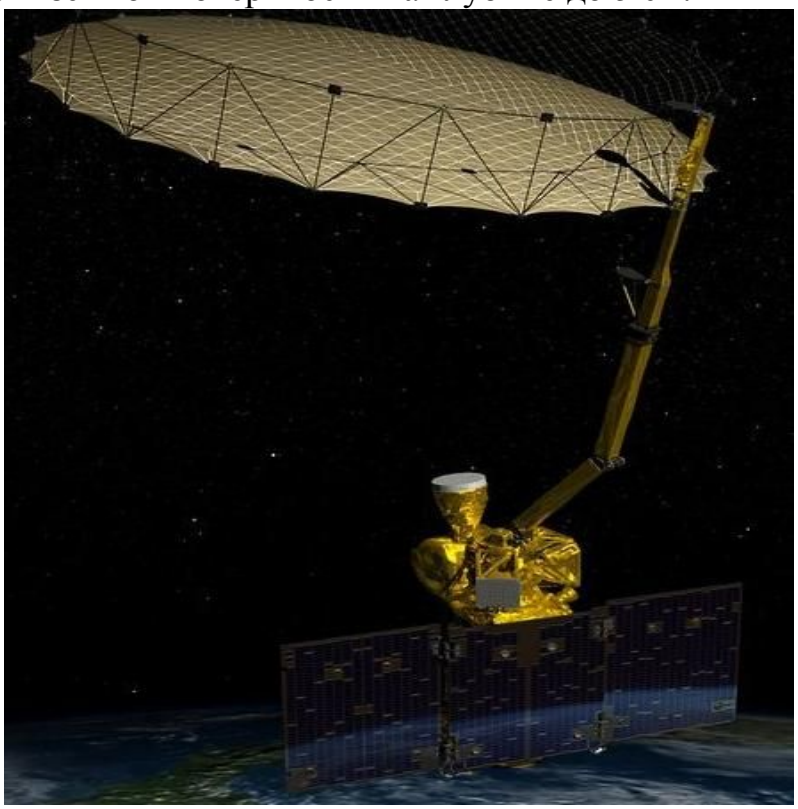


Рис. 1

АСА дистанционного зондирования Земли, работают в диапазонах частот, традиционно не используемых в космической радиолокации. Это АСА, работающие в верхней части сантиметрового диапазона и диапазона миллиметровых волн (X, Ku, K), а также АСА, работающие в верхней части дециметрового диапазона и диапазона метровых волн (P, UHF, VHF) [4-7]. Использование диапазонов P, UHF, VHF особенно интересно, поскольку радиолокационные изображения в этих диапазонах несут в себе информацию о распределении коэффициента отражения в толще земной поверхности, при этом глубина проникновения в VHF диапазоне может

достигать нескольких метров. Кроме того, использование низкочастотных диапазонов связано с высокой эффективностью применения АСА для картографирования влажности растительных покровов земной поверхности. К сожалению, размещение этих систем в космосе сопровождается рядом сложных технических проблем. Одной из основных при этом является потеря когерентности РСА, вследствие эффектов распространения радиоволн рассматриваемых диапазонов через атмосферу Земли. Эти эффекты приводят к значительному снижению потенциального пространственного разрешения этих систем, геометрическим и поляризационным искажениям [7].

На основе анализа эффектов распространения сигнала РСА в атмосфере Земли в [3]получены общие выражения, описывающие отраженный сигнал космической РСА. В отсутствии аддитивных шумов отраженный сигнал поступающий на вход приемника с АСА можно записать в виде

$$S(t,kT) = \iint K_A(kT,\theta,\sigma)K_R\left(t-\Delta t(kT-\theta,\sigma)\right)\Gamma(\theta,\sigma)\,f_R(\sigma)\,f_A(kT-\theta,\sigma)d\theta d\sigma,$$

где

$$\dot{K}_R(t) = \int_{-\Delta\omega}^{\Delta\omega} \dot{h}(j\omega)\dot{K}_{RE}(j\omega)\dot{K}_h(j\omega)\dot{K}_{AT}(j\omega)e^{j\omega t}d\omega,$$

$$\dot{K}_A(kT,\theta,\sigma) = e^{j\omega_0\Delta t(kT-\theta\sigma)}e^{j\omega_0\delta(kT,\theta,\sigma)}$$

В этом выражении: $\dot{\Gamma}(\theta,\sigma)$ – коэффициент отражения подстилающей поверхности; $\dot{h}(j\omega)$ – комплексная огибающая зондирующего сигнала; $\dot{K}_{RE}(j\omega)$ – описывает регулярную составляющую рефракции зондирующего сигнала в атмосфере; $\dot{K}_h(j\omega)$ – передаточная характеристика аппаратурного тракта; $\Delta t(kT-\theta\sigma)$ – регулярная составляющая временного запаздывания сигнала в атмосфере; $\delta(kT,\theta,\sigma)$ флуктуационная составляющая временного запаздывания сигнала в турбулентной атмосфере; t kT , – координаты (задержка, номер зондирующего сигнала); θ σ, – временные координаты элемента подстилающей поверхности (азимут, дальность); f_R и f_A – вещественные функции, описывающие модуляцию отраженного сигнала диаграммой направленности АСА.

Коэффициент отражения подстилающей земной поверхности может определяться при использовании модели слоистой среды. Для определения коэффициента отражения от плоскослоистой среды содержащей более одного слоя диэлектрика чаще всего используется матричный подход, описанный в [8].

Каждый слой плоскослоистой среды описывается характеристической матрицей (или матрицей передачи), имеющей различный вид для различных поляризаций:

$$\left[M_{i\parallel}\right]=\begin{bmatrix} ch\,j\beta i & \dfrac{W_0\cos\phi_1}{W_i\cos\phi_i}sh\,j\beta i \\ \dfrac{W_i\cos\phi_i}{W_0\cos\phi_1}sh\,j\beta i & ch\,j\beta i \end{bmatrix}$$

$$\left[M_{i\perp}\right]=\begin{bmatrix} ch\,j\beta i & \dfrac{W_i\cos\varphi_i}{W_0\cos\varphi_1}sh\,j\beta i \\ \dfrac{W_0\cos\varphi_1}{W_i\cos\varphi_i}sh\,j\beta i & ch\,j\beta i \end{bmatrix},$$

где

$$\beta_i=\frac{2\pi d}{\lambda_0}\sqrt{\varepsilon_i^{'}(1-jtg\delta_i)}\cos\varphi_i;\ \varphi_i=\arcsin\left(\frac{\sin\varphi_1}{\mathrm{Re}\left\{\sqrt{\varepsilon_i^{'}(1-jtg\delta_i)}\right\}}\right).$$

Обозначения величин соответствуют рис.2

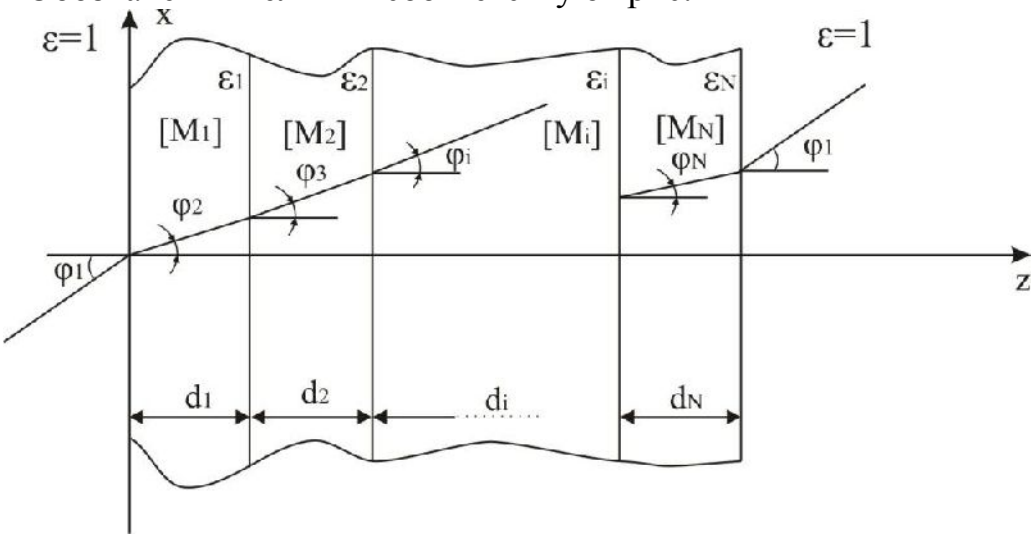


Рис. 2

Вся плоскослоистая среда описывается матрицей M_Σ, которая равна произведению всех матриц слоев, вычисляемому в такой же последовательности, как проходит через слоистую среду падающая волна.

$$M_\Sigma=M_1\cdot M_2\cdot\ldots\cdot M_i\cdot\ldots\cdot M_N=\prod_{i=1}^{N}M_i=\begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} \\ m_{21} & m_{22} \end{bmatrix}.$$

Коэффициенты отражения и прохождения плоской волны через слой определяются через элементы суммарной матрицы плоскослоистой среды по формуле:

$$\Gamma_{\Sigma} = \frac{(m_{11} + m_{12}) - (m_{21} + m_{22})}{m_{11} + m_{12} + m_{21} + m_{22}}.$$

Влажность каждого слоя почвы влияет на величину комплексной диэлектрической проницаемости. Обработка принятого сигнала методами дифференциальной фурье-спектроскопии позволяет определить величину влажности.

Библиографический список

1. Кондратьев К.Я. и др. Биосфера. Методы и результаты дистанционного зондирования/ Федченко П.П., Козодеров В.В., Топчиев А.Г.- М.: Наука, 1990.- 223 с.

2. Кондратьев К. Я. и др. Космическая дистанционная индикация акваторий и водосборов (микроволновые методы) / Мелентьев В.В., Назаркин В.А.- Л.: Гидрометеоиздат, 1992.- 248 с.

3. Armand, N.A. and V.M. Polyakov.Radio Propagation and Remote Sensing of the Environment. New York, CRC Press, 2005, 440 p.

4. Буренин Н.И. Радиолокационные станции с синтезированной антенной. – М.: «Сов. радио», 1972, 160с.

5. Горячкин О.В. Методы слепой обработки сигналов и их приложения в системах радиотехники и связи. – М.: Радио и связь, 2003. – 230с.

6. Mancini, M., Hoeben, R., Troch, P.A. Multifrequency Radar Observations of Bare Surface Soil Moisture Content: A Laboratory Experiment. Water Resources Research, 35(6): 1827-1838, 1996.

7. Ulaby, F., Dubois, P., Van, J. Radar mapping of surface soil moisture. Journal of Hydrology, 184: 57-84, 1996.

8. Лобанов Б.С., Нефедов В.И., Трефилов Н.А. Прикладная электродинамика. – М.: МИРЭА, 2011. – с. 132.

УДК 623.4.01

НЕЧЕТКИЙ МЕТАГРАФ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО МНОГОАГЕНТНОГО ПОИСКА ИНФОРМАЦИИ

Шоуман М.А. (Египет), Андреев А.М., Иванова Г.С., Ветрова В.В.
МГТУ им. Н.Э. Баумана, МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Нечеткий метаграф является новой развивающейся техникой, используемой для разработки многих систем обработки информации, таких

как системы обработки транзакций, системы поддержки принятия решений и системы документооборота. Статья представляет мульти-агентную систему (МАС) с целью автоматизированного поиска мульти-документов (текста) в Интернете и извлечения полезной информации из текста путем использование лексемизации, фильтрации и реорганизации информации согласно интересам пользователей в Веб-ориентированной среды с помощью мощной мультиагентной платформы (JADE). МАС может быть построена с помощью нечеткого графа.

Мультиагентные системы считаются набором информационных агентов. Информационный агент имеет доступ к одному или более источникам информации и могут хранить и обрабатывать информацию полученную из этих источников для того, чтобы отвечать на запросы пользователей и других информационных агентов. Источники информации могут быть разных типов, включая Веб-сервисы, Веб-сайты, RSS-каналы и традиционные базы данных [1-2]. Для того чтобы иметь дело с неопределенностью, характерной для человеческих знаний, может быть использована теория нечетких множеств [3] для управления знаниями в их основе. Основные знания в области ИП охватывают широкий круг вопросов, одним из которых является расширение запросов, целью которого является добавление новых значимых терминов.

В [4] был предложен модуль знаний на основе нечеткого метаграфа (НМ). НМ была применен в нечетких системах представления знаний и рассуждений, основанных на правилах в формате алгебраического представления и матрицы замыкания. Затем была разработана модель представления знаний на основе НМ для системы поддержки принятия решений (СППР) [5]. Далее была предложена система, основанная на правилах и НМ в реальном приложении для принятия правильного решения. Они показали преобразование НМ из одной формы в другую с помощью проективного оператора. Ими также были показаны некоторые важные виды, которые могут быть получены с помощью проективной операции НМ. Совокупное моделирование использовали для сочетания двух НМ для генерации нового НМ [6].

МАС, предназначенная для осуществления автоматического информационного поиска, включает в себя четыре основных этапа: 1 – поиск в Интернете по ключевому слову; 2 – извлечение требуемой информации из Веб-источников; 3 – интеллектуальный анализ добытых текстов; 4 – сохранение выходных данных в базе. Предлагаемая МАС состоит из четырех слоев, каждый из которых выполняет один из указанных выше автоматизированных шагов информационного поиска (рис. 1).

Рис.1. Функциональная схема предлагаемой МАС

1. Уровень интерфейсов. На этом уровне интерфейс пользователя позволяет взаимодействовать с системой через графические текстоориентированные интерфейсы путем ввода ключевого слова.

2. Поисковый уровень. На этом уровне поисковый агент отправляет ключевое слово в поисковую машину Google, которая возвращает ссылки, собирая URL, доступные веб-сайтов в Интернете и сохраняет их в базе.

3. Уровень информационного поиска. На этом уровне агент извлечения информации имеет важное значение для получения документов предоставленных веб-сайтами, автоматически извлекая тексты из URL-ссылок, обычно, из большого количества различных неструктурированных текстовых ресурсов.

4. Уровень интеллектуального анализа текстов. На этом уровне агент извлекает полезную информацию из текста, используя лексемизацию (удаление знаков препинания, специальных символов и замену отступов и других нетекстовых символов одним пробелом) и фильтрацию стоповых слов. Уровень поиска и анализа реализованы агентом, который использует инструмент для информационного поиска с исходным кодом Rapid Miner.

Агенты являются JADE-агентами, способными: взаимодействовать и обмениваться сообщения через FIPA-ACL; разделять общие онтологии с реальным приложением; демонстрировать специальное поведение.

Модель векторного пространства. Метод частотности терминов (ЧТ) – наиболее распространенный метод взвешивания, используемый для описания документов в модели векторного пространства (МВП). Он построен из моделей ЧТ и обратной частотности документа. Частотность документа является локальным весом термина в документе полученный путем подсчета числа раз появления определенного термина в этом документе. Нормированная частота термина t в документе d показана, как отношение частоты каждого термина в документа к максимальной частоте термина в этом документе. Итак, чем больше частота конкретного термина в документе, тем выше нормированная частота такого термина в документе.

$$f_{dt} = \frac{f_{req}(t,d)}{\max[f_{req}(t_{i,d})]}. \quad (1)$$

Обратная частота документа (ОЧД) является числом всех документов в собрании деленным на число документов содержащих как минимум одно наличие термина из запроса. ОЧД дает общий вид термина во всем собрании и рассчитывается по уравниванию (2).

$$idf = \log\frac{N}{dfi}. \quad (2)$$

Вес термина t в документе d согласно ЧТ-ОЧД определен в уравнении (3). (Заметим что мы используем в этой статья ОЧД = 1+log*N/n* для преодоления нулевой ОЧД поскольку извлечение документов из Googlев большинстве случаев релевантны запросу, что делает *dft* = *N* и log(1)=0)

$$w(t,d) = (tf - idf)_{i,j} = tf_{i,j}\, idf_i. \quad (3)$$

Отметим что знак «-» в уравнивании (3) выше не «минус», а «тире».

МВП основана на интерпретации документов и запросов, как точек в многомерном пространстве документов[1,7]. Косинусная мера в уравнивании 4), которая может быть интерпретирована как угол между вектором запроса и вектором документа в m-мерном пространстве документов. Сходство вектора документа и запроса равняется косинусу угла между ними [1, 7-8] и дано в уравнении

$$cos(\vec{q},\vec{d_i}) = SIM(\vec{q},\vec{d_i}) = \frac{\vec{q}}{|\vec{q}|}\frac{\vec{d_i}}{|\vec{d_i}|} = \frac{\sum_j w_{ij} w_{q,j}}{\sqrt{\sum_j w_{i,j}^2}\sqrt{\sum_j w_{q,j}^2}}, \quad (4)$$

где два вектора d (вектор документа) и q (вектор запроса)

$$\vec{d} = (w_{i,1} w_{i.2} \ldots\ldots w_{i,j}); \qquad \vec{q} = (wq_1, wq_2 \ldots\ldots wq_j). \quad (5)$$

Если вектор $\vec{d}$ – вектор документа и вектор $\vec{q}$ – вектор запроса, то сходство документа D и запроса Q (или балл D для Q) в (4):

$$sim(q,d_i) = \cos\theta = \sum_j w_{i,j} w_{q,j}. \quad (6)$$

Нечеткий метаграф. Нечеткий метаграф может дать отличные передовые решения в условиях сложных обстоятельств, при которых другие структуры графов найти очень сложно. Таким образом пользователь с помощью этой эффективной системы принятия решений сможет сделать быстрые эффективные решения для преодоления проблемы [9]. Нечеткий метаграф является концепцией фазификации четкого метаграфа с помощью нечеткого порождающего множества.

Нечеткая логика. Функции принадлежности используются для фазификации и дефазификации этапов нечеткой информационной системы (СНВ) для разметки нечетких входных значений и лингвистических термов и наоборот. Функция принадлежности используется для количественной характеристики лингвистического терма. Например на рис. 3 функции принадлежности для лингвистических терминов ($w(q,t_2)$) (построен весовой терм t в запросе ($w(q,t_2)$). Существуют разные формы функции принадлежности такие как треугольная, трапециевидная, кусочно-линейная, гауссова и синглтон. Наиболее обычными типами функции принадлежности являются треугольная, трапециевидная и гауссова формы. Тип функции принадлежности выбирается произвольно [4].

Система нечеткого вывода. Системы нечеткого вывода (СНВ) хорошо известны при решении проблем, которые имеют неопределенный результат вследствие неточности, размытости и субъективности. СНВ по существу определяет нелинейное отображение вектора входных параметров в скалярный выход, с помощью нечетких правил. СНВ состоит из четырех частей: фазификации, базы правил, системы вывода и дефазификации. Эти компоненты объясняют следующие шаги: сначала четкое множество входных данных собирается и преобразовывается в нечеткое множество используя нечеткие лингвистические переменные, нечеткие лингвистические термы и функции принадлежности. Этот этап известен как фазификация. Затем осуществляется вывод основанный на наборе правил. Затем результирующий нечеткий вывод отображается на четкий вывод с использованием функций принадлежности на этапе дефазификации [9-10].

Система нечеткого вывода типа Мандани. Система нечеткого вывода типа Мандани широко используется в приложениях поддержки принятия решений [10].

1. Определение **множества нечетких правил**:

- если ($w(q,t_1)$ высокое) и ($w(t_1,d)$ высокое), то (cosine(q,d) – высокая оценка;
- если (w(q,t1) низкое) и (w(t1,d) низкое), то (cosine(q,d) – низкая оценка;
- если (w(t2,d) высокое) и (w(q,t2) высокое), то (cosine (q,d) – высокая оценка;
- если (w(t2,d) низкое) и (w(q,t2) низкое), то (cosine(q,d) – низкая оценка).

2. **Фазификатор**, когда входные данные представлены с использова-

нием функций принадлежности.

3. **Применение фазифицированных входов** согласно нечетким правилам для нахождения правил операций нечеткого множества.

4. **Агрегация** правил нечетких операций и функции принадлежности выхода для поиска последовательности правила.

5. **Интегрирование последовательности** для получения выходного распределения (агрегация)

6. **Дефазификация** выходного распределения (этот шаг только для четкого вывода (класса)).

Решения основаны на тестировании всех правил нечеткой системы вывода, так что правила должны быть объединены для принятия решения. Есть два способа получения выходного значения нечеткой системы, а именно: «сначала агрегация, затем дефазификация» и «сначала дефазификация затем агрегация». Метод дефазификации, предложенный Мадани, рассматривает первый метод через центр тяжести отдельных нечетких множеств агрегированных с максимумом связующей системы.

Библиографический список

1. A. Singhal. Modern Information Retrieval: Bulletin of the IEEE Computer Society Technical Committee on Data Engineering 24 (4): 35-43. 2001.

2. M. Woolridge, Introduction to Multia gent Systems. Wiley and Sons. 2001.

3. W. Pedrycz, F. Gomide. Fuzzy Systems Engineering Toward Human–Centric Computing. John Wiley & Sons. Inc. 2007.

4. Z. Tan Fuzzy. Metagraph and Its Combination with the Indexing Approach in Rule-Based Systems. IEEE transactions on knowledge and data Engineering. 2006, Vol.18, № 6, pp.829-841.

5. A. Thirunavukarasu, S. Maheswari, Fuzzy Metagraph based knowledge representation of decision support system. International Journal on Computer Engineering and technology, V. 3, Issue 2. 2012. pp. 157-166.

6. P. Dashore. Fuzzy Metagraph and Hierarchical modeling. International Journal on Computer Science and Engineering. 2011. V. 3, №1, pp.435-449.

7. P. Raghavan, H. Schütze, D. Manning, Introduction to Information Retrieval Cambridge University Press (2008).

8. G.Salton, C.Buckley. Term-weighting approaches in automatic text retrieval. Information Processing and Management, 24(5): p. 513. 1988.

9. A. Thirunavukarasu. Fuzzy metagraph based clustering techniques paripex. Indian journal of research, Volume 2, Issue 8, Aug (2013), pp. 117-119.

10. A. Kaur. Comparison of Mamdani-Type and Sugeno-Type Fuzzy Inference System for Air Conditioning System, International Journal of Soft Computing and Engineering, May (2012), Vol. 2, Iss. 2, pp. 2231 – 2307.

УДК 528.87

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОТРАЖЕНИЯ РАДИОВОЛН ОТ УВЛАЖНЕННОЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Викторов А.С., Трефилов Д.Н., Шубин В.А., Тихонов Р.В., Макеенкова Н.С.
АО "Космические новации", ФГУП "Космическая связь",
ФГУП "ЦНИРТИ им академика А.И. Берга",
МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Измерение влажности почвы важно для гидрологии, прогнозирования изменения климата и сельского хозяйства. Влажность почвы определяется с использованием пассивных инфракрасных и микроволновых радиометров и активных авиационных и спутниковых РЛС [1-2].

Радарная космическая съемка в настоящее время выполняется в сверхвысокочастотной (СВЧ) области радиоволн, подразделяемой на X-, C- и L-диапазоны. Для измерений также используются частоты P и UHF диапазонов. Использование РЛС предполагает измерение отраженного от поверхности земли электромагнитного излучения, создаваемого антенной РЛС. При облучении участка земной поверхности, расположенного под спутником, измеряется зеркально отраженная волна, но для всех остальных участков земли измерение возможно только за счет рассеянных от неровной поверхности волн. Характеристики рассеянных волн зависят как от диэлектрической проницаемости, а значит и влажности земли и распределения влажности в приповерхностном слое, так и от статистических характеристик неровностей земной поверхности. Статистические характеристики неровностей земной поверхности в значительной степени определяются особенностями ландшафта (равнина, горная местность, водная поверхность), наличием растительности (травяной покров, кустарники и лес) и определяются из данных оптикоэлектронного наблюдения, которое выполняется одновременно с радарными измерениями. Для выделения информации о влажности поверхностного слоя земли используются измерения в широкой полосе частот и на различных поляризациях, как по амплитудной, так и по фазовой составляющим.

Для зеркального отражения вертикально падающей радиоволны при в первом приближении можно использовать представление неровной, покрытой растительностью и неравномерно увлажненной по глубине земной поверхности в виде плоскослоистой среды, толщина каждого слоя которой составляет примерно $\lambda/10$ [3]. Диэлектрическая проницаемость каждого слоя может быть определена по формуле Лихтенекера для двухфазной смеси химически не взаимодействующих веществ

$$\varepsilon = \varepsilon_1^{y} \varepsilon_2^{1-y},$$

где ε_1 и ε_2 – комплексные диэлектрические проницаемости компонентов смеси, y – объемной содержание первого компонента смеси.

В качестве компонентов берутся воздух и растительность, воздух и почва земной поверхности или сухая и влажная почва. Процентное содержание определяется густотой растительности или профилем поверхности земли. Такая модель дает приемлемые результаты при использовании достаточно больших длин волн.

Для наклонного падения радиоволн эта модель не подходит, так как не может предсказать параметры волн рассеянных в обратном направлении. Для описания рассеянных волн в СВЧ диапазоне применяются метод Кирхгофа, если неровности поверхности являются пологими и средняя длина неровностей существенно превосходит длину радиоволны, создаваемой РЛС, и метод малых возмущений, при наличии малых неровностей с малой протяженностью [4]. Второй способ описания более приемлем для систем космического мониторинга влажности земной поверхности. При этом модель земной поверхности представляется в виде многослойной среды с неровными границами отдельных слоев, как показано на рис. 1

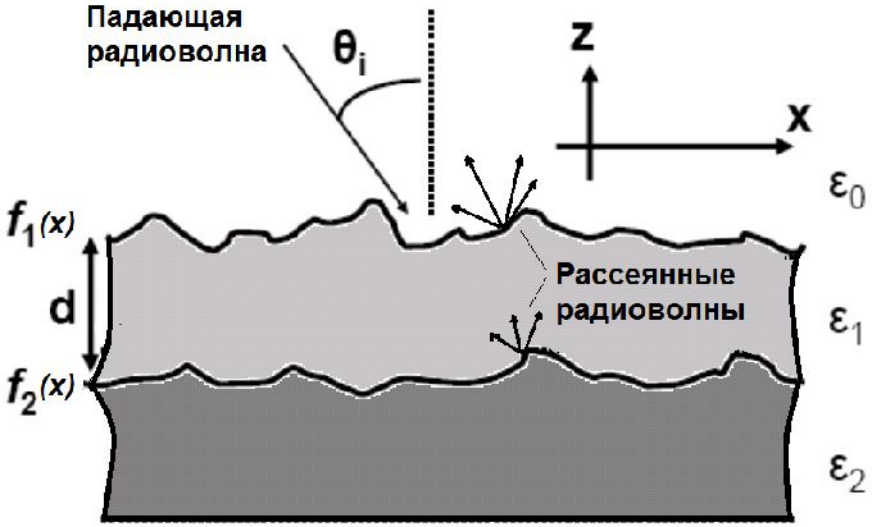


Рис. 1 Геометрия модели земной поверхности

Здесь f_i нормализованные случайные функции, описывающие статистически неровные границы раздела. Информация о влажности каждого слоя переносится к антенне РЛС рассеянными волнами.

При электродинамическом описании задачи рассеяния падающая волна представляется как плоская волна параллельной (вертикальной) или поперечной (горизонтальной) поляризации, а рассеянные волны представляются в виде разложения в спектр плоских волн, двигающихся во всевозможных направлениях. Суперпозиция всех волн на границах раздела удо-

влетворяет специальным статистическим граничным условиям, зависящим от неровностей поверхностей [4-6]. Комплексные амплитуды напряженностей электрических рассеянных полей в каждой области на рис. 1 можно представить в виде

$$\mathbf{E_0} = \int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty} \mathrm{d}\mathbf{k}_\perp \Big\{ \Big[A_h^+(\mathbf{k}_\perp)\hat{h}(k_{0z}) + A_v^+(\mathbf{k}_\perp)\hat{v}(k_{0z})\Big] e^{ik_{0z}z} + \Big[A_h^-(\mathbf{k}_\perp)\hat{h}(-k_{0z}) + A_v^-(\mathbf{k}_\perp)\hat{v}(-k_{0z})\Big] e^{-ik_{0z}z}\Big\} e^{i\mathbf{k}_\perp\cdot\mathbf{r}_\perp},$$

$$\mathbf{E_1} = \int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty} \mathrm{d}\mathbf{k}_\perp \Big\{ \Big[B_h^+(\mathbf{k}_\perp)\hat{h}(k_{1z}) + B_v^+(\mathbf{k}_\perp)\hat{v}(k_{1z})\Big] e^{ik_{1z}z} + \Big[B_h^-(\mathbf{k}_\perp)\hat{h}(-k_{1z}) + B_v^-(\mathbf{k}_\perp)\hat{v}(-k_{1z})\Big] e^{-ik_{1z}z}\Big\} e^{i\mathbf{k}_\perp\cdot\mathbf{r}_\perp},$$

$$\mathbf{E_2} = \int_{\infty}^{\infty}\int_{\infty}^{\infty} \mathrm{d}\mathbf{k}_\perp \Big\{ \Big[C_h^-(\mathbf{k}_\perp)\hat{h}(-k_{2z}) + C_v^-(\mathbf{k}_\perp)\hat{v}(-k_{2z})\Big] e^{-ik_{2z}z}\Big\} e^{i\mathbf{k}_\perp\cdot\mathbf{r}_\perp},$$

где $\mathbf{k}_\perp = \mathbf{k}_x + \mathbf{k}_y$ – волновые вектора, индексы относятся к номеру среды, A^+, $B^\pm$,C^- – неизвестные амплитуды спектра рассеянных плоских волн в разных средах, обозначения *v,h* относятся к вертикальной и горизонтальной поляризациям, "крыша" над ними является обозначением единичного вектора.

Комплексная амплитуда падающей волны A^- является известной. Комплексные амплитуды напряженностей магнитных рассеянных полей образуют правые тройки с записанными векторами напряженностей электрических полей.

Наложение статистических граничных условий, например на первой границе раздела, приводят к уравнениям вида

$$\sum_{m=0}^{\infty}\sum_{n=0}^{m}\int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty}\mathrm{d}\mathbf{k}_\perp \frac{\left(\mathcal{A}(\mathbf{k}_\perp)a_h^{+(n)} + \mathcal{B}(k_{0z},f_1)a_v^{+(n)}\right)}{n!}\frac{(ik_{0z}f_1(x,y))^{m-n}}{(m-n)!}e^{i\mathbf{k}_\perp\cdot\mathbf{r}_\perp}\xi^m +$$
$$\left(\mathcal{A}(\mathbf{k}_\perp^{\mathbf{i}})E_o^h + \mathcal{B}(-k_{0z}^i,f_1)E_o^v\right)e^{i\mathbf{k}_\perp^{\mathbf{i}}\cdot\mathbf{r}_\perp}\sum_{m=0}^{\infty}\frac{(-ik_{0z}^i f_1(x,y))^m}{m!}\xi^m =$$
$$\sum_{m=0}^{\infty}\sum_{n=0}^{m}\int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty}\mathrm{d}\mathbf{k}_\perp \frac{\left(\mathcal{A}(\mathbf{k}_\perp)b_h^{+(n)} + \mathcal{B}(k_{1z},f_1)b_v^{+(n)}\right)}{n!}\frac{(ik_{1z}f_1(x,y))^{m-n}}{(m-n)!}e^{i\mathbf{k}_\perp\cdot\mathbf{r}_\perp}\xi^m +$$
$$\sum_{m=0}^{\infty}\sum_{n=0}^{m}\int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty}\mathrm{d}\mathbf{k}_\perp \frac{\left(\mathcal{A}(\mathbf{k}_\perp)b_h^{-(n)} + \mathcal{B}(-k_{1z},f_1)b_v^{-(n)}\right)}{n!}\frac{(-ik_{1z}f_1(x,y))^{m-n}}{(m-n)!}e^{i\mathbf{k}_\perp\cdot\mathbf{r}_\perp}\xi^m$$

Здесь ξ – дисперсия неровностей границы раздела.

Преобразование и решение систем уравнений на каждой границе раздела Позволяет найти комплексную амплитуду волны, рассеянной в обратном направлении. Радиолокационные измерения отраженных волн в диапазоне частот с использованием обработки методами дифференциаль-

ной фурье-спектроскопии позволяет восстановить профиль изменения влажности в поверхностном слое почвы и общее влагосодержание поверхностного слоя.

Толщина слоя, в пределах которого производится оценка влажности, составляет значение порядка λ, поэтому является различной для разных диапазонов радиолокационного зондирования. Погрешность измерений позволяет выполнить 10 уровневую градацию влагосодержания почв.

Библиографический список

1. P.C. Dubois, J.J. Van Zyl, and E.T. Engman. Measuring Soil Moisture With Imaging Radar," IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, vol. 33, no.4, pp. 915-926, July 1995.

2. Z. Xiwu, P.R. Houser, J.P. Walker, and W.T. Crow. A Method for Retrieving High-Resolution Surface Soil Moisture From Hydros L-Band Radiometer and Radar Observations," IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, vol. 44, no. 6, pp. 1534-1544, June 2006.

3. Лобанов Б.С., Нефедов В.И., Трефилов Н.А. Прикладная электродинамика. – М.: МИРЭА, 2011. – с. 132.

4. Басс Ф.Г., Фукс И.М. Рассеяние волн на статистически неровной поверхности. –М.: «Наука», 1972, 424с.

5. А. Исимару. Распространение и рассеяние волн в случайно неоднородных средах. –М.: «Мир», 1981, т.2, с.280.

6. K.F. Warnick and W.C. Chew. Numerical Simulation Methods for Rough Surface Scattering. Waves in Random Media, vol. 11, no. 1, pp. 1-30, January 2001.

УДК 528.35

НЕЛИНЕЙНЫЕ ИСКАЖЕНИЯ В СИСТЕМАХ СВЯЗИ С МНОГОЛУЧЕВЫМИ АКТИВНЫМИ АНТЕННЫМИ РЕШЕТКАМИ

***Абоелазм М.А.* (*Египет*), *Муад Х.М.* (*Сирия*),**
Нефедов В.И., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия,
Шпак А.В., ФГУП "ЦНИРТИ им. А. Берга", Москва, Россия,
Дементьев А.Н.,ФГУП "ЦНИИ Маш.", Москва, Россия,

Технологии современных систем спутниковой, подвижной и тропосферной связи находятся в непрерывном совершенствовании. Это основано на применении цифрового формирования диаграмм направленности многолучевых активных фазированных антенных решеток (АФАР). При

этом возникла необходимость создания комплексных СВЧ-модулей для многолучевых АФАР с целью реализации их сложных характеристик. Как правило СВЧ-модули АФАР содержат передающие тракты с усилителями мощности групповых сигналов (УМГС), имеющих ограниченные энергетические ресурсы. Значительный пик-фактор групповых сигналов требует применения линейных УМГС, которые достаточно сложны в изготовлении и имеют очень низкий коэффициент полезного действия, в связи с этим неизбежны дополнительные энергетические затраты на передатчики. Естественно, что изменилось внимание к проблемам, анализа, расчета и построения АФАР, включающих нелинейную модель УМГС [1- 4].

Особенность работы УМГС систем связи состоит в том, что они одновременно усиливают сигналы различной частоты и мощности. Для получения больших мощностей УМГС должны работать в режиме насыщения. Поэтому они обладают ярко выраженными нелинейными одиночными и групповыми передаточными характеристиками (ГПХ): амплитудной (АХ) – зависимостью выходной мощности от входной $P_{вых}(P_{вх})$ и фазоамплитудной (ФАХ) – зависимостью фазы от входной мощности $\varphi(P_{вх})$. Это приводит к появлению интермодуляционных искажений (ИМИ), возникающих в усилительных трактах. Чем ближе степень насыщения УМГС к максимальной энергетической эффективности, тем больше уровни ИМИ.

Эффективность систем связи с многолучевой АФАР сильно зависит от нелинейных искажений в УМГС [1- 4]. Чем ближе степень компрессии УМГС к максимальной энергетической эффективности, тем больше уровень ИМИ, что снижает отношение сигнал/помеха (*S/N*), связанное с направлением диаграммы излучения АФАР. Поэтому точное моделирование интермодуляционных лучей АФАР помогает контролировать ИМИ, позволяя УМГС функционировать с минимальными энергетическими затратами [1, 5]. ИМИ в АФАР имеют характеристики, отличающиеся от тех, что встречаются в усилительно-передающих трактах. Наличие ИМИ приводит к росту ширины лучей ДН АФАР и повышению уровня боковых лепестков. Также это приводит к снижению помехоустойчивости, уменьшению пропускной способности канала связи из-за возникающих на выходе передающих устройств внеполосных излучений, снижению выходной мощности на 1,5…2,0 дБ, уменьшению КПД на 5…10, увеличению на 5…10% амплитудно-фазовой конверсии и т.д. Увеличение коэффициента усиления УМГС, например в 1,5 раза, позволяет повысить КПД всего усилителя на 20…40 %. Кроме того при групповом сигнале с непостоянной огибающей происходит преобразование амплитудной модуляции (АМ) в паразитную амплитудно-фазовую [1, 2]. Говоря о проблемах, связанных с возникновением ИМИ в системах с АФАР, отметим возникновение ИМИ при работе с переключаемыми многолучевыми АФАР, которые подключены к разным УМГС.

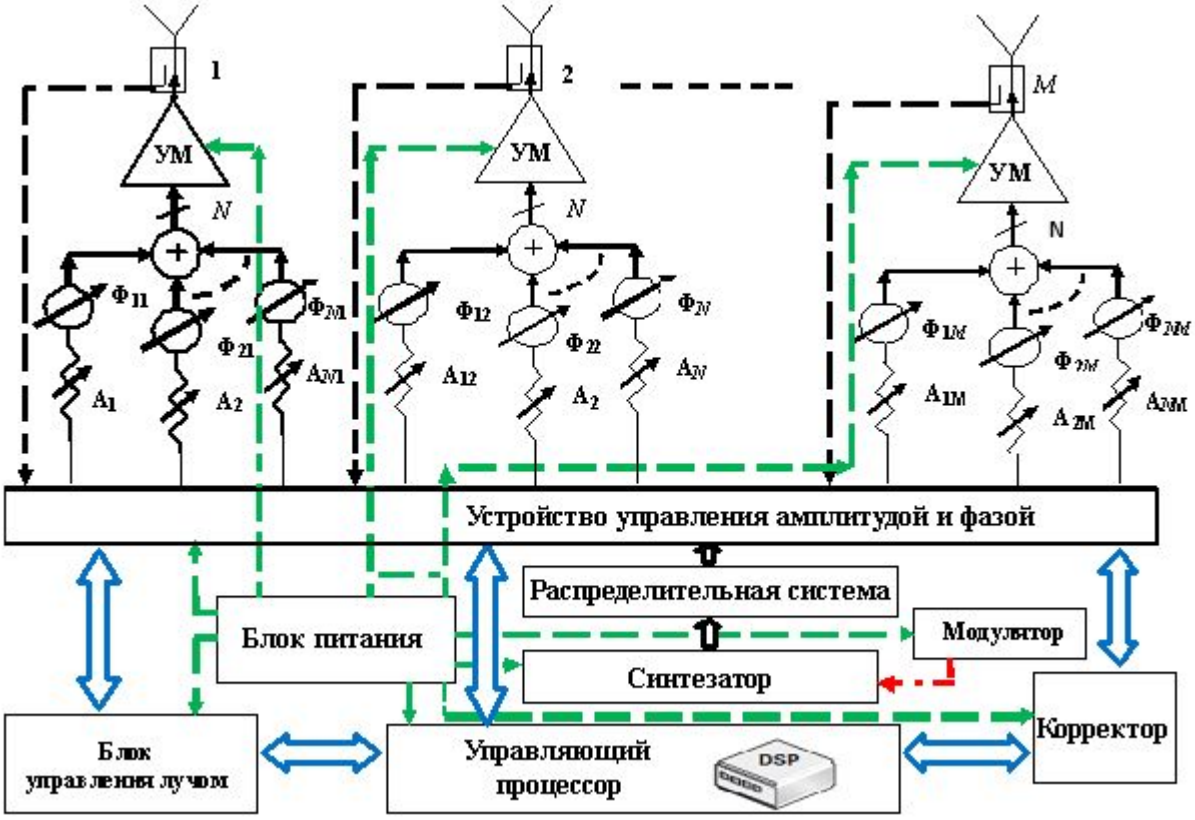


Рис. 1. Структурная схема многолучевой передающей АФАР

Подобные антенны также применяются в системах сотовой связи и, с одной стороны, увеличивают производительность системы, а с другой – делают ИМИ зависимыми от направления раскрыва антенны. Структурная схема многолучевой АФАР показана на рис. 1. Она содержит *K* УМГС с *K* излучателями и *N* источниками группового сигнала с индивидуальными несущими, которые имеют разные амплитуды и фазы. Известен анализ ДН АФАР при наличии ИМИ третьего и пятого порядков (ИМИ-3, ИМИ-5) [6-8], в котором получено выражение фазового сдвига при ИМИ *m*-го порядка и определены общие ПХ для УМГС. Этот анализ справедлив для аппроксимации, соответствующей ограниченной области покрытия многолучевых АФАР и для сравнительно узкой полосы пропускания.

Моделирование диаграммы направленности многолучевой АФАР

Суммарная ДН многолучевой АФАР моделируется как произведение диаграммы одного элемента и множителя элементов антенны. При этом предполагается идентичность характеристик излучателей АФАР по массиву и отсутствия между ними взаимной связи. Эти предположения относительно точны для элементов поля ДН при расстоянии $l > 1{,}5\lambda_0$ (λ_0 – центральная длина волны несущих), которое учитываются в моделировании. Кроме того, предполагается, что в микрополосковой АФАР распространя-

ется основная мода волны ТМ10 [1, 3-5, 9-10]. Здесь излучающие элементы моделируются в среде массива излучателей и суммарное дальнее поле излучения рассчитывается как для несущих, так и для ИМИ на основе коэффициентов возбуждения, генерируемых преобразованиями ИМИ в дальней зоне. Суммарная диаграмма направленности $P_p(\theta)$ дается когерентным суммированием соответствующего выходного сигнала УМГС [1, 5-11]

$$P_p(\theta) = M(L_p)\sum_{k=1}^{K}\left\{\exp j\frac{2\pi}{\lambda_p}(\cos\phi_n x_k + \sin\phi_n y_k)\sin\theta_n \exp j\sum_{n=1}^{N} l_n\phi_{nk}\right\}, \qquad (1)$$

где λ_p – длина волны p-го входного сигнала, частота которого задается согласно $\sum_{n=1}^{N} l_n f_n$ в декартовых координатах элементов массива (x_k, y_k), что определяет направления пространственных лучей в сферических координатах для n-го луча.

На рис. 2. показана двухлучевая полярная ДН АФАР и ИМИ-3.

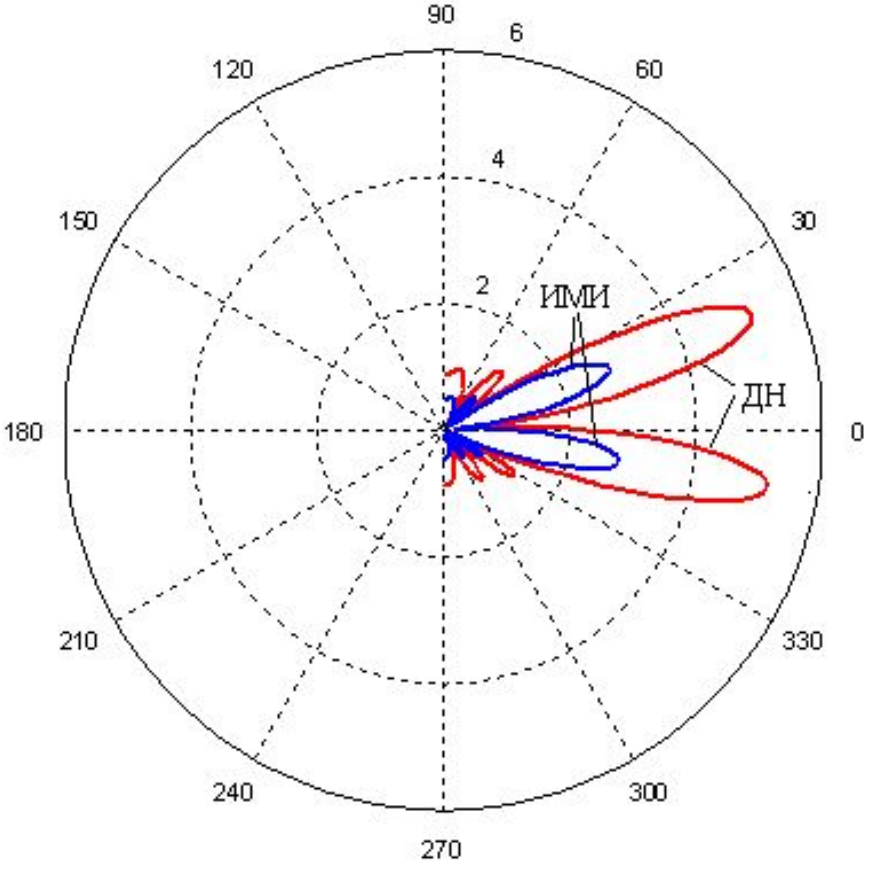


Рис. 2. Двухлучевая полярная ДН несущего колебания и ДН ИМИ-3

На рис.3 показаны результаты моделирования 16-элементной пятилучевой ДН АФАР уровней несущей, ИМИ-3 порядок и ИМИ-5 порядок на f = 3525 МГц с поворотом на [-50º, -25º, 0º, +25º, +50º] по азимуту в насыщенном режиме работы УМГС.

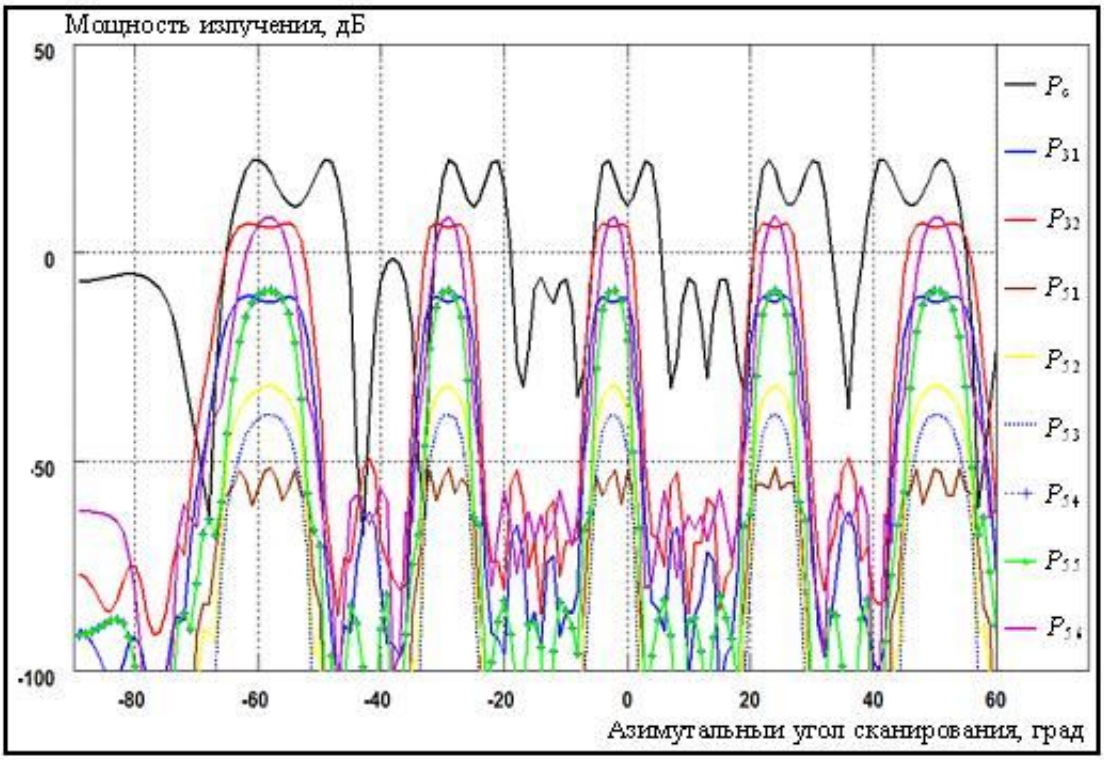


Рис.3 – Результаты моделирования 16-элементной пятилучевой ДН АФАР

На рис.4. представлены результаты моделирования двухлучевой ДН АФАР и уровней ИМИ на частоте 3525 МГц при повороте на +20º и -10º по азимуту в линейных и насыщенных режимах работы УМГС

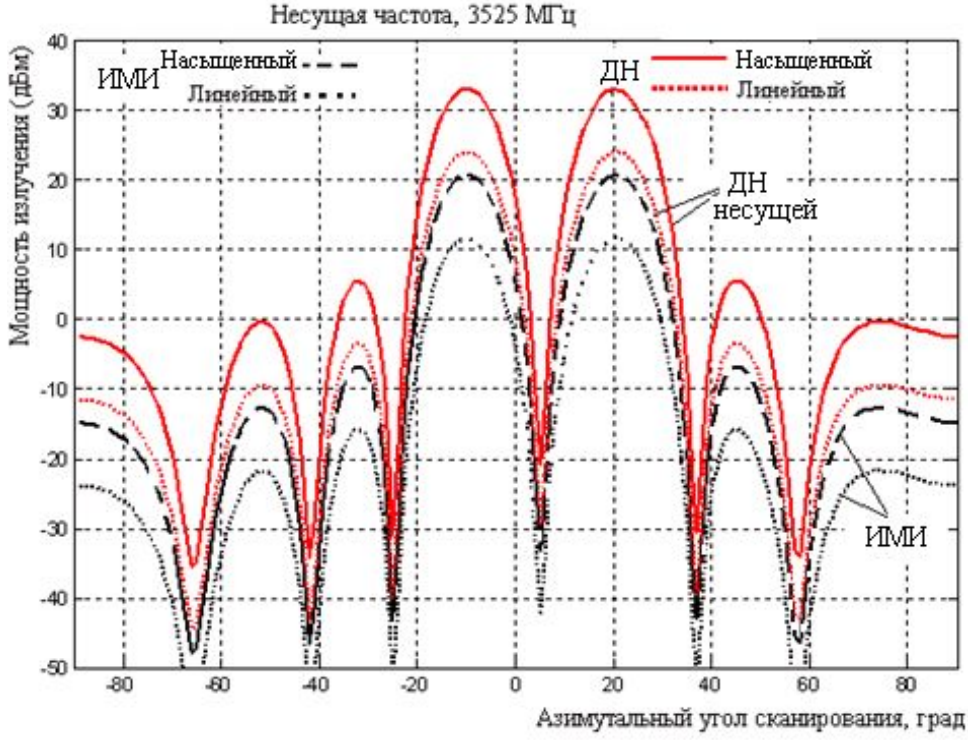


Рис.4. Результаты моделирования двухлучевой ДН АФАР и уровней ИМИ

Библиографический список

1. Крутов М.М., Нефедов В.И., Пикуль А.И., Егорова Е.В., Муад Х.М., Абоелазм М.А. Искажения сигналов в многолучевых спутниковых антеннах. Антенны / №14, 2014г.

2. Ehsan Johari, Haleh Karkhaneh, Ayaz Ghorbani. Theoretical Approach to Estimate Intermodulations in Wideband Active Transmit Phase-Array Antennas. Electromagnetics, 32:50–59, 2012.

3. Loyka S.L., Mosig J.R 1999. Nonlinear modeling and simulation of active array antennas. COST Action 260, Wroclaw, Poland, 30 June–2 July.

4. Maalouf K.J., Lier E. 2004. Theoretical and experimental study of interference in multi beam active phased array transmit antenna for satellite communications. IEEE Trans. Antennas Propagat. AP-52:587–592.

5. Лобанов Б.С., Нефедов В.И., Пикуль А.И., Шпак А.В., Абоелазм М.М., Крутов М.М. Оптимизация параметров усилителей мощности // – М.: Энергоатомиздат, 2013, 186с.

6. Sandrin, W. A. 1973. Spatial distribution of intermodulation products in active phased array antennas. IEEE Trans. Antennas Propagat. AP-21:864–868.

7. Пантенков Д.Г., Гусаков Н.В. Компьютерное моделирование активной фазированной антенной решетки. Космическая техника и технологии, №1, 2013. С. 32-37.

8. Abuelma'atti M.T. 1984. Frequency dependent nonlinear quadrature model for TWT amplifiers. IEEE Trans. Commun. COM-32:982–986.

9. Shimbo O. 1971. Effects of intermodulation, AM-PM conversion, and additive noise in multicarrier TWT systems. Proc. IEEE 59:230–238.

10. Vuong, X.T., Henchey M.A. 1981. On the accuracy of the Shimbo approach to intermodulation and crosstalk calculations. IEEE Trans. Commun. COM-29:1076–1082.

11. Пономарёв Л.И., Вечтомов В.А., Милосердов А.С. Многолучевая антенная решетка для системы спутниковой связи Антенны / №5, 2012 г.

УДК 621.396

МОНОЛИТНЫЕ ИНТЕГРАЛЬНЫЕ СВЧ-МИКРОСХЕМЫ ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ

[*]Берикашвили В.Ш., [*]Нефедов В.И., [*]Марков И.Ю., [*]Борец Б.Е.
***[*]Матвеев А.Ю., Халимов С.С.* (*Узбекистан*)**
[*]МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Рассмотрены элементы высокоскоростных систем связи на основе частотного и временного уплотнения каналов. Для СВЧ диапазона 1…10

ГГц компромисс между стоимостью и характеристиками дают монолитные интегральные СВЧ-микросхемы (СВЧ-МИС) на основе GaAs. Технологии на основе InP позволяют получить высокие рабочие частоты (до сотен ГГц) и низкий коэффициент шума.

Твердотельная СВЧ электроника начала интенсивно развиваться в связи с требованиями усиления информационно-пропускной способности современных телекоммуникационных систем. Телевизионные каналы перемещаются в область дециметровых и сантиметровых волн. Спутниковые и радиорелейные системы связи работают в сантиметровом диапазоне СВЧ в режиме спектрального и временного уплотнения каналов. Такие системы позволяют передавать одновременно сотни телевизионных каналов и тысяч телефонных каналов. С появлением кремниевых и арсенидгаллиевых транзисторов с приемлемыми параметрами по коэффициенту усиления, выходной мощности, коэффициенту шума и КПД, появилась возможность обеспечить многофункциональность и большую номенклатуру изделий различного назначения. Первоначально сложность технологии и реализации технических характеристик, развитие твердотельной СВЧ электроники пошло по пути технологии гибридных интегральных схем (ГИС). При этой технологии отдельные активные и пассивные компоненты – транзисторы, конденсаторы, линии задержки, ключи и т.п., изготовленные из оптимальных материалов, объединяются в ГИС по простым схемам при минимальных затратах.

Сейчас развитие СВЧ радиоэлектронных средств характеризуется широким внедрением в них монолитных интегральных схем на основе полевых транзисторов. Наиболее перспективными для обеспечения качественных параметров СВЧ МИС являются гетероструктурные технологии, основанные на использовании сложных полупроводниковых соединений. Наибольшее распространение получили технологии изготовления гетероструктурных СВЧ полевых транзисторов с высокой подвижностью электронов (HEMT – *High Electron Mobility Transistor*). При этом разделяют псевдоморфные (pHEMT) и метаморфные (mHEMT) технологии. Для диапазона СВЧ 1…10 ГГц хороший компромисс между стоимостью и характеристиками дают СВЧ МИС на основе GaAs. Технологии на основе InP позволяют получить высокие рабочие частоты (до сотен гигагерц) и низкий коэффициент шума. На основе GaN получены СВЧ транзисторы и МИС с высокими пробивными напряжениями и большой выходной мощностью.

В технологии МИС СВЧ пассивные и активные компоненты изготавливаются на одном кристалле в едином технологическом цикле, что позволяет решить проблемы быстродействия, надежности, уменьшения веса и габаритов. Появилась возможность создания более сложных, более высокочастотных СВЧ систем. Это позволяет создавать сложные

цифровые и радиотехнические устройства, предназначенные для обработки и передачи информации. Основным преимуществом технологии МИС является возможность массового производства при низкой стоимости. Вместе с тем сложность технологии требует больших первоначальных капитальных вложений в технологическое оборудование и инфраструктуру производства. Наибольшие технические трудности связаны с получением мощных МИС усилителей и генераторов для передающих систем. Стоимость МИС УМ высока потому, что для обеспечения технических характеристик, площадь чипов УМ превышает 20 мм^2 при толщине менее 100 мкм, они содержат сложные в изготовлении мощные транзисторы с малой длиной (менее 0,5 мкм) и большой шириной (10…15 мм) затворов мощных транзисторов их изготавливают на дорогих эпитаксиальных гетероструктурах, значительная часть площади которых (до 90%) тратится на создание пассивных компонентов. Кроме того, для обеспечения теплоотвода, приходится применять дорогие подложки с высокой теплопроводностью на основе карбида кремния SiC или синтетических алмазоподобных структур. Компромиссным вариантом является технология квазимонолитных СВЧ интегральных схем (КМИС СВЧ), в которой оптимально сочетаются преимущества ГИС и МИС технологий обеспечивая высокую выходную мощность, большой коэффициент усиления и КПД.

В ОАО "Октава" разработана и успешно используется технология КМИС для сантиметрового диапазона, в которой интегральная СВЧ-схема формируется из нескольких чипов арсенида галлия [1]. Чипы с полевыми субмикронными транзисторами устанавливаются перевернутым монтажом на макрочип с пассивными элементами и отрезками микрополосковых линий. Под местом установки транзистора в макрочипе для эффективного отвода тепла формируют сквозные отверстия, заполненные металлом с высокой теплопроводностью. Для примера, технические характеристики, надежность и габариты КМИС двухкаскадного УМ такие же, как у аналогичной МИС УМ. Более низкая стоимость КМИС по сравнению с МИС достигается за счет изготовления макрочипов из пластин относительно дешевого объемного полуизолирующего арсенида галлия и высокого выхода годных макрочипов, не содержащих элементы с субмикронными размерами. Кроме того, дорогие эпитаксиальные гетероструктуры расходуются только на изготовление чипов транзисторов. В результате выход годных КМИС получается в несколько раз выше, чем для МИС, а трудоемкость их изготовления – ниже.

Сейчас в гетероструктурной технологии перспективны два направления. Первое – широкозонные гетероструктуры на основе нитрида галлия GaN и твердых растворов AlGaInN. Второе – на основе изоморфной и

псевдоморфной гетеросистемах InAlAs/InGaAs, выращиваемых на подложках InP.

У GaN ширина запрещенной зоны ~3,4 эВ, т.е. в 2,5 раза больше, чем у GaAs. Напряжение пробоя транзисторов, определяемое эффектом ударной ионизации "зона–зона", здесь достигает сотен вольт против 20…30 В в GaAs. Так как рабочие токи в обоих случаях одного порядка – ~1 А/мм, максимальная выходная мощность приборов на нитридах галлия на порядок выше, чем в транзисторах на GaAs. Именно с этим направлением и связывают интенсивное применение их в телекоммуникационных системах и радиолокации на АФАР. По прогнозам специалистов для перехода этой новой технологии в стадию производства может понадобиться около трех лет, в связи с тем, что должен быть решен ряд проблем, связанных с созданием технической базы производства. В ЗАО "Светлана-оптоэлектроника", совместно с ИРЭ РАН в 2001 году были получены первые отечественные транзисторы на GaN.

Второе направление, на основе изоморфной и псевдоморфной гетеросистемах InAlAs/InGaAs, выращиваемых на подложках InP, также успешно развивается. На этих гетероструктурах получены самые высокоскоростные транзисторы. Их рабочие частоты уже достигли диапазона 100…200 ГГц и приближаются к субмиллиметровому диапазону выше 300 ГГЦ. В ИСВЧПЭ также ведутся работы по этому направлению. Разработана технология первых отечественных транзисторов с предельной частотой 110 ГГц. На гетеросистеме InAlAs/InGaAs с использованием 50-нм технологии за рубежом сейчас разрабатываются самые высокоскоростные оптоволоконные линии связи со скоростью передачи информации до 100 Гбит/с.

Отечественные производители КМИС СВЧ

Для эффективного применения КМИС-технологии на ОАО "Октава" разработан ряд интегральных транзисторов типа MESFET с различной шириной затвора (Wт = 0,18…12,8 мм). Транзисторы имеют удельную выходную мощность 0,6…0,8 Вт/мм, коэффициент усиления (Кр) 8,5…9,0 дБ и КПД 45…50% на частоте 12 ГГц. Они изготавливаются на основе GaAs-структур, технология молекулярно-лучевой эпитаксии которых разработана в ИФП СО РАН. Этот ряд приборов полностью обеспечивает потребности в КМИС для разработки и производства СВЧ-модулей в диапазоне частот до 18 ГГц с выходной мощностью до 10 Вт. Для каждой КМИС разрабатывается свой макрочип с использованием любого из разработанных интегральных транзисторов. Выбор типа транзистора зависит от технических требований, предъявляемых к разрабатываемой КМИС.

Используя технологию КМИС, в ОАО "Октава" на основе эпитакси-

альных структур разработан ряд гибридных узкополосных и широкополосных СВЧ-устройств диапазона 2…18 ГГц для комплектации многофункциональных СВЧ-модулей, в том числе аппаратуры с АФАР. Среди них — малогабаритные широкополосные системы радиоэлектронного противодействия с АФАР (включая приемопередающие модули), комплект модулей для АФАР X-диапазона, а также гибридные широкополосные модули усилителей с выходной мощностью более 1 Вт в диапазоне 4…18 ГГц.

Перспективы развития КМИС

Дальнейшее развитие мощных КМИС связано прежде всего с улучшением характеристик транзисторов и теплоотвода от работающих приборов. Первым шагом в этом направлении является замена GaAs-транзисторов с затвором Шоттки (MESFET) транзисторами на псевдоморфных гетероструктурах (PHEMT). Разработанные в ОАО "Октава" PHEMT-транзисторы на гетероструктурах AlGaAs/InGaAs/GaAs, выращиваемых в ИФП СО РАН в лаборатории А.И.Торопова, имеют удельную насыщенную выходную мощность Руд = 1 Вт/мм и малосигнальный коэффициент усиления Кр = 7,2 дБ на частоте 18 ГГц (при напряжениях на стоке 7,5 В и КПД 60%) [2]. Полученные результаты обеспечивают увеличение выходной мощности КМИС узкополосных УМ в X-диапазоне (8…12,5 ГГц) до 10…15 Вт и до 3…4 – мощности широкополосного УМ в диапазоне 8…18 ГГц.

Кардинальное улучшение параметров КМИС связано с разработкой GaN/AlGaN HEMT-транзисторов. Нитрид галлия – уникальный широкозонный материал, позволяющий создавать высокомощные и одновременно высокочастотные приборы благодаря высоким пробивным полям 33Ч105 В/см (в 8 раз выше, чем в GaAs), высокой плотности электронов в приборном канале NS > 1013 $см^{-2}$ (на порядок выше, чем в GaAs), большой скорости насыщения электронов в больших электрических полях vS = 2,7Ч107 см/с, которая остается высокой при повышенных температурах. Такое сочетание электронных свойств обеспечивает более чем 20-кратное увеличение выходной мощности транзисторов на AlGaN/GaN-гетероструктурах по сравнению транзисторами на классических соединениях A3B5 (арсенид галлия, фосфид индия и др.) – порядка 30 Вт/мм на частоте 8 ГГц [3]. Для развития этого направления в ИФП СО РАН разрабатывается технология молекулярно-лучевой эпитаксии GaN/AlGaN-гетероструктур. Уже получены гетероструктуры с электрическими параметрами, сравнимыми с зарубежными результатами [4], что дает основание для проведения работ по разработке технологии мощных СВЧ-транзисторов. КМИС-технология позволяет наиболее быстро использовать преимущества GaN-транзисторов и создать СВЧ-устройства

нового поколения. Кроме того, свойство технологии КМИС снижать затраты на гетероструктуры в отношении GaN проявляется в еще большей степени, поскольку GaN-гетероструктуры в несколько раз дороже GaAs-структур.

На НПП "Исток" построена первая в России пилотная линия по разработке и производству транзисторов и МИС СВЧ с размерной обработкой 0,1 мкм и объемом выпуска 1 млн кристаллов в год. Создание этой линии решило задачу производства современных транзисторов типа HFET, PHEMT и МИС СВЧ на их основе в диапазоне 1...40 ГГц, что позволит удовлетворить самые высокие требования техники мирового уровня и обеспечить транзисторами и МИС СВЧ всех заинтересованных заказчиков.

В настоящее время на НПП "Исток" используются технологии:

- гибридно-монолитных интегральных схем (ГМИС) на пластинах монокристаллического сапфира;
- малошумящих и мощных транзисторов с длиной затвора 0,2 мкм;
- металлизированных отверстий в арсениде галлия;
- "воздушных мостов" для межпересечений;
- тонкопленочных резисторов, конденсаторов и индуктивностей для пассивной части МИС СВЧ;
- Т- образный затвор длиной 0,1 мкм;
- гетероструктуры с высокой подвижностью электронов.

Основные МИС СВЧ, выпускаемые предприятием: фазовращатель 4,3×2,2 мм; переключатель 1,9×1,4 мм; аттенюатор 2,4×1,5 мм; запоминающее устройство 1,1×0,8 мм; селективный усилитель 1,26×1,1 мм; малошумящий усилитель МШУ 2,1×11 мм; усилитель мощности УМ 2,75×1,5 мм.

Приведенные сведения по мощным СВЧ усилительным модулям линейного типа позволяют сделать следующие выводы.

1. Построение усилителя на базе конструктивно законченных усилительных модулей повышает его надежность, упрощает его техническое обслуживание, позволяет унифицировать элементную базу передатчиков различной мощности, работающих в одном частотном диапазоне.

2. Выпускаемые различными фирмами СВЧ усилители линейного типа работают в режиме класса «А» или «АВ» и имеют постоянную мощность потребления во всем динамическом диапазоне изменения входного сигнала.

3. Чем лучше линейные свойства усилителя, тем ниже КПД. Так усилитель с уровенем комбинационных составляющих -70 дБ имеет КПД 10%, а при уровне комбинационных составляющих -(25…30) дБ КПД 25…30 %.

4. При работе с многочастотным сигналом для минимизации ИМИ в вы-

ходном спектре необходимо ввести устройство коррекции АХ и ФАХ, а также обеспечить их высокую линейность и стабильность.

Библиографический список

1. Гуртов В.А. Твердотельная электроника: Уч. пособие / В.А. Гуртов. -М., 2005. 492 с.

2. Нефедов В.И., Битюков В.К. СВЧ-усилители для систем подвижной связи. Труды 9-й междунар. научн-техн. конф. Актуальные проблемы твердотельной электроники и микроэлектроники. –М.: МИРЭА, 2014.

3. Бакаров А.К., Журавлев К.С., Торопов А.И. и др. Мощные полевые СВЧ-транзисторы на основе эпитаксиальных структур AlGaAs/GaAs. – Микроэлектроника, 2002, т.31, с.163–169.

4. Данилин В., Жукова Т., Кузнецов Ю. и др. Транзисторы на GaN. Пока самый "крепкий орешек". – ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ, 2005, №4, с.20–29

5. Мокеров В.Г., Казуров Б.И., Шахнович И.В. Твердотельная СВЧ-электроника. Электроника НТБ. Выпуск 8/2003.

6. M.V. Pogosov A.G., Budantsev, R.A. Lavrov. Transport properties of the two-dimensional electron gas in GaN/AlGaN heterostructures grown by ammonia molecular beam epitaxy. – Phys. Stat. Sol., 2006, v.203, p. 2186–2189.

УДК 621.396

ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПЛОСКИХ СПИРАЛЬНЫХ АНТЕНН

Дементьев А.Н., Трефилов Д.Н., Шпак А.В., Абоелазм М.А.
ФГУП "ЦНИИ Машиностроения", ФГУП "Космическая связь", ФГУП "ЦНИРТИ им. ак. А. Берга", МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Для проектирования СВЧ устройств и антенн используются вычислительные пакеты Microwave Office, Microwave Studio, HFSS, FEKO [1-3] и другие, но ограничения, принятые в них, в технических описаниях не документированы, что не гарантирует достоверности получаемых результатов. Поэтому рассмотрим отдельно возможный математический численный подход, основанный на применении метода моментов. Рассмотрим тонкий проводник спиральной формы длиной L (рис. 1). Здесь обозначено: Q – произвольная точка на проводнике; P – произвольная точка в пространстве; R – расстояние между точками Q и P; $2a_0$ – диаметр проводника.

Комплексная амплитуда тока на спиральном проводнике возбуждается как источником ЭДС, включенным в проводник, так и внешним электромагнитным полем, создаваемым излучением других участков спирали. Получим интегральное уравнение для закона распределения комплексной амплитуды тока. Будем считать, что проводник спирали является идеально проводящим. Электромагнитное поле и ток на проводнике связаны через уравнения Максвелла для комплексных амплитуд

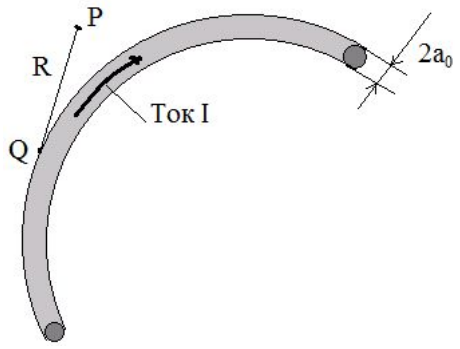


Рис.1 Спиральный проводник с излучающим током

$$rotH_0 = j\varpi\,\varepsilon\varepsilon_0\,E_0 + J, \qquad rotE_0 = -j\varpi\,\mu\mu_0 H_0,$$

где H_0 – комплексная амплитуда вектора напряженности магнитного поля, E_0 – комплексная амплитуда вектора напряженности электрического поля, J_0 – комплексная амплитуда плотности проводимости электрического тока, $\varepsilon,\mu = 1$ – относительные проницаемости свободного пространства, ε_0, μ_0 – абсолютные проницаемости вакуума.

Напряженность электрического поля, создаваемой током в точке P

$$\mathrm{E_p} = -j\omega\mu\mu_0 \int\limits_{V_q} \left(J_q G_{pq} + \frac{grad_p G_{pq}\, div_q J_q}{k^2} \right) dV .$$

Если точку P опустить на поверхность спирального проводника, то тангенциальная составляющая электрического поля должна обратиться в нуль, в соответствии с граничным условием. Учитывая дополнительно поле, создаваемое другими участками спирали, получим

$$-j\omega\mu\mu_0 \int\limits_{V_q} \left(\dot{\vec{J}}_q \vec{\tau}_{0\mathrm{p}} G_{pq} + \frac{(grad_p G_{pq})\vec{\tau}_{0p}\, div_q \dot{\vec{J}}_q}{k^2} \right) dV = -\dot{\vec{E}}_{вн}\vec{\tau}_{0\mathrm{p}} .$$

Переходя к тонкопроводной модели и заменяя при этом вектор плотности тока вектором продольного тока $\boldsymbol{I}_q = I_q \tau_{oq}$, и исключая операции дивергенции тока во 2-ом слагаемом подынтегрального выражения, получим

$$\int\limits_{L_q} \left[\mathrm{G_{pq}} \left(\vec{\tau}_{0p}\vec{\tau}_{0q} \right) - \frac{d^2 G_{pq}}{k^2\, d\tau_{0p} d\tau_{0q}} \right] I_q dl = -j\frac{4\pi}{\omega\mu\mu_0} \left(\dot{\vec{E}}_{вн}\vec{\tau}_{0p} \right).$$

Здесь L_q – длина спирального проводника.

Полученное интегральное уравнение (уравнение Поклингтона) позволяет определить ток на спиральных плечах антенны. В области высоких

частот полная модель спиральной антенны при использовании принципа зеркальных изображений, будет состоять из системы двух однотипных уравнений, второе из которых описывает влияние экрана на излучение антенны. В области низких частот численная модель состоит из системы трех интегральных уравнений. Первое уравнение записано выше. Второе уравнение описывает ток, наведенный на кромке резонатора. Третье уравнение учитывает влияние резонатора с реактивным входным импедансом.

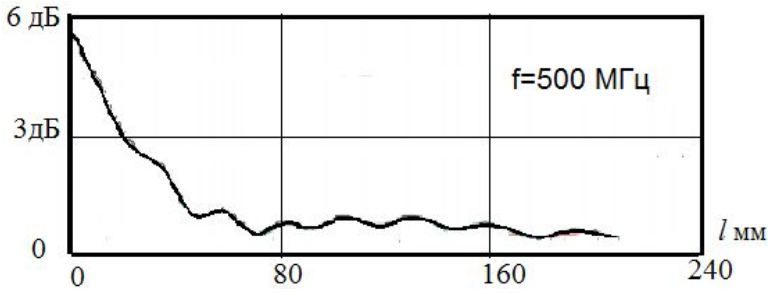


Рис. 2 Зависимость амплитуды тока от положения точки q на спирали

Для проверки полученных соотношений было получено решение для тока на одиночной архимедовой спиральной антенны, работающей в диапазоне частот до 300 МГц (рис.2). Длина проводника плеч спирали составляла 2100 мм, антенна содержала 2,5 витка проводника. Решение получено методом моментов при использовании треугольных базисных и весовых функций. Спиральная форма плеч заменялась многоугольной.

Существенным недостатком метода моментов для анализа спиральных антенн является необходимость разбиения проводников антенны на отрезки длиной не более λ/8 для наименьшей рабочей длины волны. Это приводит к значительному росту числа ячеек разбиения при удалении рассматриваемого участка антенны от центра спирали. Общее число ячеек разбиения, а значит и порядок системы линейных алгебраических уравнений, к решению которой сводится задача по определению распределения тока на антенне, составляет несколько тысяч.

Для определения токов на вибраторных антеннах используют метод наводимых ЭДС [1-3]. Метод применим в случае известного закона распределения тока на проводниках, определяемого формой проводника. Комплексная амплитуда тока может изменяться под воздействием сторонних или наводимых ЭДС. В вычислительных методах, применяемых в теории антенн, поверхность проводника разделяется на отдельные ячейки или отрезки и предполагается, что в каждой ячейке протекает ток, создаваемый внешним полем, создающим стороннюю ЭДС и наведенный ток, создаваемый наводимыми ЭДС за счет влияния токов, протекающих в других ячейках. Закон распределения тока на ячейке является одинаковым для всех ячеек и определяется применяемым видом базисных функций, например кусочно-постоянным, синусоидальным. Главное допущение метода наво-

димых ЭДС выполняется в численных методах расчета антенн, реализующих метод моментов, нет препятствий по применению метода наводимых ЭДС для расчета токов на проводниках плоской спиральной антенны.

Рассмотрим первоначально одну изолированную ячейку проводника, содержащую фрагмент проводника провода излучателя антенны. Под воздействием ЭДС на нем создается первичный ток и излучаемое электромагнитное поле. Отдельные элементы взаимодействуют через создаваемые ими поля, что приводит к изменению токов на них, к появлению наведенных токов или к появлению наведенных ЭДС, соотношение между ними можно сопоставить с собственным импедансом излучателя, образованного фрагментом проводника. Форма закона распределения тока, как предполагается в методе наводимых ЭДС, определяется применяемым видом базисных функций. Выделим две ячейки излучателя, содержащие два фрагмента проводников, произвольно расположенных друг относительно друга. Вторичное поле в результате взаимного влияния проводников друг на друга изменяет первичное распределение токов, что можно сопоставить с возникновением наведенных импедансов на излучателях. Наведенные импедансы имеют составляющие:

$$Z_{ij}^{\acute{i}} = -\frac{1}{I_i I_i^*}\int_{l_i} I_i^* E_{ji} dl_i,$$

где I_i – ток на *i*-ом излучателе, E_{ji} – напряженность вторичного электрического поля, создаваемая *j*-ым излучателем на *i*-ом излучателе, dl – вектор, задающий ориентацию *i*-ого излучателя, имеющего длину l_i.

Введение наведенного сопротивления эквивалентно наложению граничных условий, поэтому в такой постановке метод наводимых ЭДС эквивалентен методу моментов. При учете взаимного влияния фрагментов проводников на всех ячейках спиральных излучателей можно получить из уравнения Кирхгофа для эквивалентной цепи излучателя для токов, протекающих по излучателям ячеек в виде матричного уравнения

$$\begin{Vmatrix} U_1 \\ U_2 \\ . \\ U_N \end{Vmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{11} & \dots & Z_{1N} \\ . & & \\ Z_{N1} & \dots & Z_{NN} \end{bmatrix} \begin{Vmatrix} I_1 \\ I_1 \\ . \\ I_N \end{Vmatrix},$$

где в левой части стоит матрица ЭДС, создаваемых внешним источником в точках питания на отдельных фрагментах проводников, а с правой стороны – матрица искомых токов. Если используются кусочно-постоянные базисные функции для токов излучателей, образованных отдельными фрагментами сетки, то поле излучателя, определяется формулой

$$E_{ji} = \frac{I_j l_j k^2}{4\pi\omega\varepsilon_0\varepsilon}\frac{e^{-jkr_{ij}}}{r_{ij}}\left[\left(j + \frac{1}{kr_{ij}} - \frac{j}{(kr_{ij})^2}\right)\sin\theta\theta_0 + 2\left(\frac{1}{kr_{ij}} - \frac{j}{(kr_{ij})^2}\right)\cos\theta r_0\right].$$

Здесь угол θ отсчитывается от направления оси излучателя.

Преобразуем это выражение к удобному виду. Для этого воспользуемся обозначениями, показанными на рис 3. Выражение в новых полярных координатах примет вид

Рис. 3 Излучатель в плоскости цилиндрических и декартовых координат

$$\mathrm{E}_{ij}=\frac{I_j dl_j k^2}{4\pi\omega\varepsilon_0\varepsilon}\frac{e^{-jkr_{ij}}}{r_{ij}}\left[\left(j+\frac{1}{kr_{ij}}-\frac{j}{(kr_{ij})^2}\right)\sin(\varphi-\Phi)\varphi_0+2\left(\frac{1}{kr_{ij}}-\frac{j}{(kr_{ij})^2}\right)\cos(\varphi-\Phi)r_0\right],$$

а в декартовых координатах

$$\mathrm{E}_{ij}=\frac{I_j dl_j k^2}{4\pi\omega\varepsilon_0\varepsilon}\frac{\mathrm{e}^{-jkr_{ij}}}{r_{ij}}\left[\left(-j-\frac{1}{kr_{ij}}+\frac{j}{(kr_{ij})^2}\right)\sin^2(\varphi-\Phi)+2\left(\frac{1}{kr_{ij}}-\frac{j}{(kr_{ij})^2}\right)\cos^2(\varphi-\Phi)\right]x_0+$$

$$+\left[\left(j+\frac{1}{kr_{ij}}-\frac{j}{(kr_{ij})^2}\right)\sin(\varphi-\Phi)\cos(\varphi-\Phi)+2\left(\frac{1}{kr_{ij}}-\frac{j}{(kr_{ij})^2}\right)\sin(\varphi-\Phi)\cos(\varphi-\Phi)\right]y_0.$$

При вычислении тангенциальных составляющих напряженности электрического поля определяют составляющие в декартовых координатах, затем полученные соотношения пересчитывают в тангенциальные составляющие для элементарного излучателя в точке наблюдения. Это связано с тем, что ориентация единичных азимутальных ортов в точках источника и наблюдения различаются; для переноса рассчитанных значений приходится пользоваться промежуточными декартовыми координатами. Уравнение, описывающее спиральный проводник в полярных координатах

$$\mathrm{r}=\mathrm{a}\varphi'+\mathrm{b}=\mathrm{a}\left[2\pi(n-1)+\varphi\right]+b,$$

где φ' – абсолютная азимутальная координата, n - номер витка спирали, φ - азимутальная координата, приведенная на интервал [0,2π).

Для точки источника, обозначенной выше индексом j угол ориентации элементарного излучателя равен $\Phi_j=\varphi_j+\pi/2$. Для точки наблюдения, обозначенной как i, угол ориентации элементарного излучателя $\Phi_i=\varphi_i+\pi/2$. Угол между направлениями ориентации элементарных излучателей, расположенных в точках источника и наблюдения, равен $\varphi_{ij}=\varphi_i-\varphi_j$. Расстояние между точками источника и наблюдения равно

$$\mathrm{r}_{ij}=\sqrt{\left(r_i\cos\varphi_i-r_j\cos\varphi_j\right)^2+\left(r_i\sin\varphi_i-r_j\sin\varphi_j\right)^2},$$

где $r_i=\mathrm{a}\left[2\pi(n_i-1)+\varphi_i\right]+b, \qquad r_j=\mathrm{a}\left[2\pi(n_j-1)+\varphi_j\right]+b.$

Предлагаемый подход упрощает нахождение токов на спиральном излучателе, позволяет применить более точную физическую модель для поверхности плоской спиральной антенны, и уменьшает объем вычислений без введения быстрого метода моментов. Отпадает необходимость в рассмотрении интегральных уравнений, поскольку в методе при численной реализации сразу выполняется схема решения, аналогичная методу моментов для решения интегрального уравнения для токов на спиральных излучателях. Объем вычислений уменьшается из-за того, что последнее выражение позволяет ввести упрощенные формулы для излучателей, входящих в ближнюю ($kr_{ij}<<1$) и дальнюю зону поля ($kr_{ij}>>1$). Для учета влияния полей излучателей, находящихся в дальней зоне при выполнении условия можно группировать излучатели, учитывая их общее поле при расчете взаимных сопротивлений. В эквивалентной схеме излучателя при этом отдельные импедансы образуют суммарный импеданс, а матрица импедансов приобретает блочную структуру, также как в быстром методе моментов.

Библиографический список

1. Разевиг В.Д., Потапов Ю.В., Курушин А.А. Проектирование СВЧ устройств с помощью Microwave Office. – М.: Солон-Пресс, 2003. – 496 с.

2. Банков С.Е., Курушин А.А., Разевиг В.Д. Анализ и оптимизация трехмерных СВЧ структур с помощью HFSS. – М.: С.-Пресс, 2004. – 208 с.

3. Банков С.Е., Курушин А.А. Расчет излучающих структур с помощью FEKO. – М.: Родник, 2008. -246 с.

УДК 621.396

МАЛОГАБАРИТНЫЕ ПЛОСКИЕ СПИРАЛЬНЫЕ АНТЕННЫ

Шпак А.В., Крутов М.М., Трефилов Н.А. Петренко Е.О, Муад Х.М.
ФГУП "ЦНИРТИ им академика А.И. Берга",
МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Одной из наиболее актуальных задач дальнейшего развития современных бортовых устройств стало уменьшение габаритов их антенн. Наиболее важным является главный вопрос о пределе минимизации габаритов антенн. Установить его пытались еще в 40-е годы прошлого века, когда возникла потребность в миниатюрных бортовых антеннах для реактивной авиационной и ракетной космической техники [1-4].

Под электрически малыми (или ELS, electrically small) антеннами принято подразумевать такие, размеры которых значительно меньше поло-

вины длины волны принимаемых или излучаемых ими электромагнитных колебаний [1]. Ряд особенностей этого класса устройств требовал решения множества серьезных проблем на этапе конструирования. Одна из них заключалась в том, что с уменьшением размеров антенной системы быстро падает ее КПД и возникают трудности согласования ELS с источниками либо приемниками сигналов в нерезонансных режимах так как известно, что увеличение широкополосности связано с уменьшением добротности антенны, а уменьшение добротности может быть связано с увеличением потерь в антенне и снижением коэффициента усиления [2-4].

Проблему снижения коэффициента усиления ELS антенн можно пояснить на примере архимедовых спиральных антенн, в которых на каждой частоте рабочая область имеет диаметр, равный рабочей длине волны, на минимальных частотах рабочая область совпадает с периметром наибольшего диаметра антенны. Для всех антенн выполняется соотношение

$$G = \frac{4\pi S\nu}{\lambda^2},$$

где S – геометрическая площадь раскрыва антенны, ν – апертурный коэффициент использования площади антенны, λ – рабочая длина волны.

Тогда для спиральной антенны при условии, что диаметр рабочей области меньше или равен наибольшему диаметру антенны, коэффициент усиления будет удовлетворять формуле

$$G = \pi^2\nu,$$

а для случая диаметра рабочей области больше наибольшего диаметра антенны будет удовлетворять соотношению

$$G = \frac{\pi^2 D^2\nu}{\lambda^2},$$

где D – наибольший диаметр антенны.

График частотной зависимости, построенный поэтому соотношению показан на рис. 1

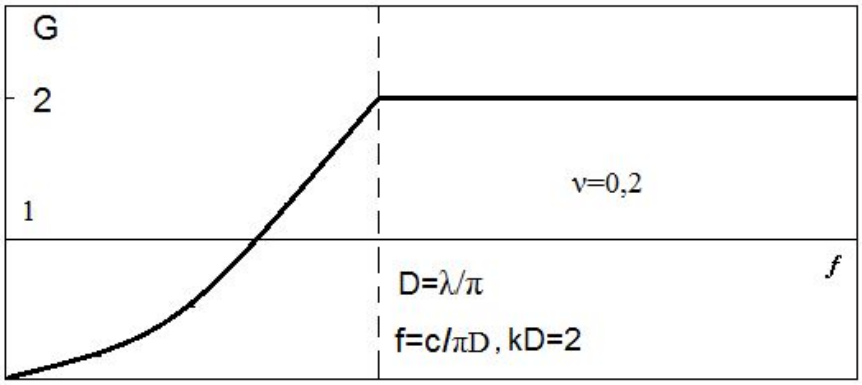


Рис. 1 Зависимость G от частоты для ELS антенн

Ограничения на габаритные размеры антенн систем космического базирования зачастую сводятся к тому, что на максимальной рабочей длине волны размеры антенн не должны превышать 0,1λ. При использовании в качестве бортовых антенн двухзаходных арифметических спиральных антенн на высоких частотах они будут работать в стандартном режиме, но при уменьшении рабочей частоты они переходят в режим ELS.

Рассмотрим новую физическую модель такой антенны, включающую модель обычной двухзаходной плоской спиральной антенны [5], расположенную в центральной части антенны и модель внешнего огибающего излучателя, расположенного по периметру спирали, обеспечивающего работу антенны в низкочастотном участке рабочего диапазона. Для внешнего излучателя центральная спиральная часть антенны является фидером. соединяющим внешний излучатель с нагрузкой. Возможным решением вопроса о размещении антенны в заданных габаритах является понижение фазовой скорости волны тока на внешнем излучателе по сравнению со скоростью света в вакууме.

Способом замедления фазовой скорости является увеличение длины проводника из-за придания ему не прямолинейной формы, например зигзагообразной, меандрообразной или спиральной. Такой подход используется при построении линий задержек сигналов (фазовращателей), замедляющих систем, он является эффективным, если электромагнитное поле волны тока ограничено в пространстве, сжато в направлении к линии передачи, и теряет эффективность при значительном взаимодействии токов, протекающих по различным участкам линии передачи, из-за возможности образования других типов волн тока в линии передачи. Кроме того, такой подход значительно ограничен в возможности получения результата при планарном построении антенны.

Для математического описания внешнего огибающего излучателя антенны применим другой способ замедления фазовой скорости, применяемый в радиотехнике, а именно, увеличение погонных емкости и индуктивности излучателя, по которому распространяется волна тока [6]. В СВЧ технике используются элементы, имеющие индуктивные параметры, зависящие от формы проводников, по которым протекает СВЧ волна тока. Получим соотношения, описывающие погонные параметры проводников, используемых в спиральных антеннах. Погонная индуктивность полукольца радиусом R из тонкого цилиндрического провода диаметром d

$$L_i = \frac{\mu_0 R}{2}\left(\ln\frac{16R}{d} - 1{,}75\right).$$

Погонная индуктивность П-образного равностороннего проводника

из тонкого круглого провода

$$L_i = \frac{1{,}5\mu_0 a}{\pi}\left(\ln\frac{2a}{r\left(1+\sqrt{2}\right)}+\sqrt{2}+\frac{1}{4}\right).$$

Здесь a – длины сторон проводника; r – радиус провода ($r << a$).

Приведенные соотношения получены без учета скин-эффекта. На высоких частотах за счет поверхностного эффекта уменьшается внутренняя индуктивность, а значит уменьшается и общее значение погонной индуктивности. Тем не менее, записанные соотношения можно использовать для оценки погонных индуктивностей проводников, имеющих не прямолинейную, а изогнутую форму.

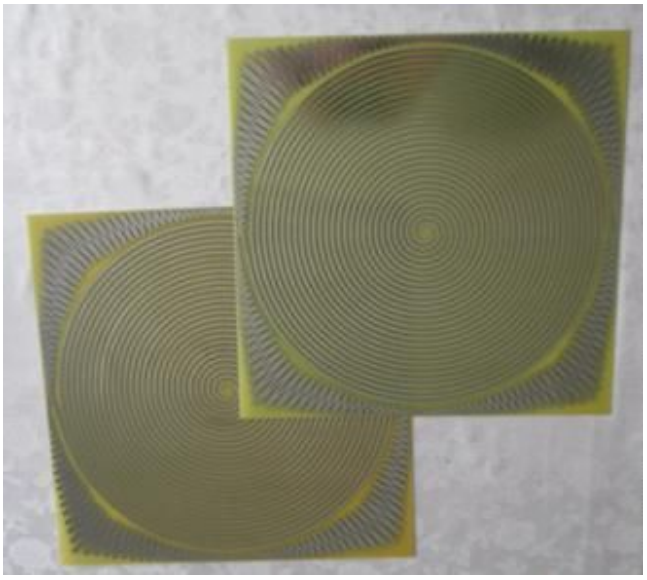


Рис. 2 Спиральные излучатели с замедляющими структурами

Под погонной емкостью также можно понимать емкостные элементы, распределенные по длине линии передачи, причем на рабочей частоте обкладки таких емкостных элементов должны находиться под разными потенциалами. Такого типа устройства широко применяются в полосковой технике. При этом сами емкостные элементы могут быть как элементами конфигурации проводника так и элементами с сосредоточенными параметрами. На рис. 2 показаны макеты спиральных излучателей с внешним излучателем в виде замедляющей структуры, поперечный размер которых составляет 0,1λ максимальной рабочей длины волны.

На рис. 3 показаны графики коэффициента передачи между однотипными спиральными излучателями. Верхний график относится к излучателям, имеющим форму, показанную на рис. 2, нижний график относится к обычным плоским спиральным антеннам. имеющим такой же внешний размер.

Рис. 3 Коэффициент передачи между антеннами

Приведенные экспериментальные данные подтверждают правомерность предлагаемой модели малогабаритной спиральной антенны.

Библиографический список

1. Слюсар В. 60 лет теории электрически малых антенн // Электроника: Наука, Технология, Бизнес, №7, 2006. - с. 10-19.

2. Chu, L. J. Physical limitations of omnidirectional antennas // Journal of Applied Physics, Dec. 1948, v.19.- p.1163–1175.

3. Hirisawa K., Haneishi M. Analysis, Design, and Measurement of small and Low-Profile Antennas. - Boston: Artech House, 1992.

4. Wang J. J. H. Fundamental Bandwidth Limitation for Small Antennas on a Platform. – Presented in IEEE IWAT 2006. – www.weo.com/publications/WEO_IWAT2006.pdf.

5. Сверхширокополосные антенны/ пер. с англ. под ред. Л.С. Бененсона. – М.: Мир, 1964. 360 с.

6. Лобанов Б.С., Крутов М.М., Трефилов Н.А., Шпак А.В. Проблемы построения малогабаритных плоских спиральных антенн // Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения: Материалы МНТК "Интерматик - 2014", 02.12.2014 г.- М.: Энергоатомиздат, 2014.

УДК 621.396:621.372

АЛГОРИТМЫ ПРИЕМА ЦИФРОВЫХ СИГНАЛОВ В КАНАЛАХ С ПАМЯТЬЮ

Парамонов А.А., Тихонова О.В., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Требования к современным системам передачи характеризуются стремительным ростом скоростей и объемов передаваемой информации при ограниченных ресурсах, выделяемых на эту передачу. Во многих случаях самым существенным из этих ресурсов оказывается полоса частот, которую может занимать сигнал. Искусственное ограничение ширины спектра сигнала вызывает его растяжение во времени и наложение последовательных элементов сигнала друг на друга, т.е. появление межсимвольных помех. Можно сказать, что в межсимвольных помехах проявляется память канала. Примерами каналов с памятью являются также ионосферный канал, многолучевые каналы с отражением от поверхности земли или моря, от зданий и др. [1]. Применение в этих условиях алгоритмов приема, синтезированных для канала без памяти, окажется неэффективным.

Пусть канал передачи имеет импульсную характеристику $f(t)$. Имея в виду, что обработка сигналов в приемнике будет выполняться в цифровом виде, отсчеты комплексной огибающей принимаемой смеси сигнала с шумом можно записать так [2]:

$$y_i = \sum_{l=0}^{L-1} a_{i-l} f_l + n_i,$$

где f_l – отсчет импульсной характеристики канала, имеющей длину L тактовых интервалов, n_i – отсчет комплексной огибающей шума, a_i – отсчет комплексной огибающей сигнала, который может трактоваться как *m*–ичный передаваемый символ. Предполагается, что на длительности каждого тактового интервала берется по одному отсчету сигнала.

Обычный когерентный алгоритм приема, оптимальный для канала без памяти, имеет вид

$$\hat{a}_{k-j} = \max_{a_{k-j}}{}^{-1} \left\{ 2Re\left(y_k^* a_{k-j}\right) - \left|a_{k-j}\right|^2 \right\}, \qquad (1)$$

где *j* – номер максимального отсчета импульсной характеристики канала, а звездочка – знак комплексного сопряжения.

В соответствии с этим алгоритмом решение принимается в пользу того символа, который доставляет максимум выражению в фигурных скобках.

Как видим, в этом алгоритме вычисляются дискретные аналоги кор-

реляционных интегралов между всеми вариантами не искаженных каналом сигналов и отсчетами входной последовательности, в состав которых входят искаженные каналом сигналы.

Рассмотрим задачу оптимального приема цифровых сигналов в канале с памятью. Будем считать, что решение о некотором символе a_k принимается с задержкой Q, т.е. в результате обработки отсчетов входного процесса $y_1, y_2, \dots, y_{k+Q}$. Введем в рассмотрение вектор информационных символов $\mathbf{A}_{k+Q} = [a_1, a_2, \dots, a_{k+Q}]$. При m-ичных передаваемых символах существует m^{k+Q} вариантов этих векторов. Если каждый такой вектор трактовать как символ укрупненного алфавита, то можно записать апостериорную вероятность этого символа:

$$p_{ps}(\mathbf{A}_{k+Q}) = k_0 exp\left[-\frac{2}{\sigma_n^2}\sum_{i=1}^{k+Q}\left|y_i - \sum_{l=0}^{L-1} a_{i-l} f_l\right|^2\right],$$

где k_0 – некоторая несущественная константа, а σ_n^2 – дисперсия шумового отсчета на входе демодулятора. Здесь мощность сигнала принята за единицу, так что отношение сигнал/шум равно σ_n^{-2}.

Теперь несложно получить апостериорную вероятность символа первичного алфавита a_k, усреднив последнее выражение по всем лишним аргументам:

$$p_{ps}(a_k) = k_0 \sum_{\substack{\forall a_1, a_2, \dots a_{k-1}, \\ a_{k+1}, \dots, a_{k+Q}}} exp\left[-\frac{2}{\sigma_n^2}\sum_{i=1}^{k+Q}\left|y_i - \sum_{l=0}^{L-1} a_{i-l} f_l\right|^2\right]$$

Оптимальное по критерию максимума апостериорной вероятности символа правило вынесения решения будет таким:

$$\hat{a}_k = \max_{\forall a_k}{}^{-1}\left\{\sum_{\substack{\forall a_1, a_2, \dots a_{k-1}, \\ a_{k+1}, \dots, a_{k+Q}}} exp\left[-\frac{2}{\sigma_n^2}\sum_{i=1}^{k+Q}\left|y_i - \sum_{l=0}^{L-1} a_{i-l} f_l\right|^2\right]\right\}. \quad (2)$$

К сожалению, это правило имеет непрерывно возрастающую с ростом номера демодулируемого символа сложность и требует вычисления экспонент и операций возведения в квадрат. Возможны пути упрощения алгоритма.

При больших отношениях сигнал/шум аргументы экспонент будут существенно различаться по величине, а сама экспоненциальная функция лишь увеличит это различие. Поэтому для каждой из конкурирующих гипотез из суммы экспонент можно оставить лишь одну с максимальным аргументом. Тогда в алгоритме можно отказаться и от вычисления экспонент и

сравнивать лишь их аргументы:

$$\hat{a}_k = \max^{-1}_{\forall a_1, a_2 \dots a_{k+Q}} \{M_{\text{мпп}}(a_1, a_2, \dots a_{k+Q})\}, \quad (3)$$

где

$$M_{\text{мпп}}(a_1, a_2, \dots a_{k+Q}) = \sum_{i=1}^{k+Q} \left[2Re(y_i^* \sum_{l=0}^{L-1} a_{i-l} f_l) - \mathcal{E}(a_i, a_{i-1}, \dots a_{i-L+1}) \right],$$

$$\mathcal{E}(a_i, a_{i-1}, \dots a_{i-L+1}) = \left| \sum_{l=0}^{L-1} a_{i-l} f_l \right|^2$$

Алгоритм (2) является алгоритмом максимального правдоподобия последовательности. Он линейный, поэтому много проще, чем алгоритм (2), хотя его сложность также растет с ростом номера демодулируемого символа. Однако то обстоятельство, что метрики $M_{\text{мпп}}(\cdot)$ аддитивны по номеру тактового интервала, позволяет на каждом новом (m+1)-ом тактовом интервале вычислять приращения метрик

$$\Delta M_{\text{мпп}}(a_{m-L+2}, a_{m-L+3}, \dots a_{m+1}) = \\ = 2Re(y_{k+1}^* \sum_{l=0}^{L-1} a_{m-l+1} f_l) - \mathcal{E}(a_{m+1}, a_m, \dots a_{m-L+2})$$

и использовать их при реализации данного алгоритма в форме процедуры Витерби.

Переход от (2) к (3) оказался возможным при больших отношениях сигнал/шум. Если это условие не выполняется, значения экспонент в (2) будут различаться несильно, причем сами эти значения будут небольшими. В таком случае упрощение алгоритма (2) можно выполнить иначе, разложив указанные экспоненты в степенные ряды и удержав в разложении члены не выше первого порядка:

$$\hat{a}_k = \max_{\forall a_k}^{-1} \{M_{\text{усф}}(a_k)\}, \quad (4)$$

где

$$M_{\text{усф}}(a_k) = \sum_{i=1}^{k+L+Q-1} \left[2Re(y_i^* \sum_{l=0}^{L-1} \sum_{\substack{\forall a_1, a_2, \dots a_{k-1}, \\ a_{k+1}, \dots, a_{k+L+Q-1}}} a_{i-l} f_l \ ) \right. \\ \left. - \sum_{\substack{\forall a_1, a_2, \dots a_{k-1}, \\ a_{k+1}, \dots, a_{k+L+Q-1}}} \mathcal{E}(a_i, a_{i-1}, \dots a_{i-L+1}) \right],$$

Это выражение можно упростить, если принять, что коэффициент пе-

редачи канала по мощности равен единице и что используемые сигналы образуют симметричные семейства в том смысле, что если некоторый сигнал a_μ принадлежит данному семейству, то ему принадлежит и сигнал -a_μ:

$$M_{\text{усф}}(a_k) = 2Re(a_k \sum_{i=k}^{k+L-1} y_i^* f_{i-k}) - |a_k|^2 .$$

Согласно алгоритму (4) демодуляция сигнала должна выполняться таким образом, как будто по каналу связи передается одиночный информационный символ a_k, т.е. без учета всех остальных передаваемых символов. Вычисление корреляционных метрик $M_{\text{усф}}(a_k)$ может выполняться с помощью согласованного фильтра, причем это фильтр должен быть согласован с сигналом, растянутым на *L* тактовых интервалов. Такая структура алгоритма имеет прозрачное физическое объяснение: поскольку рассматриваемое упрощение алгоритма (2) включало усреднение полной корреляционной метрики по всем информационным символам, кроме a_k, эти символы оказались исключенными из процесса принятия решения. Наличие указанного усреднения позволяет назвать упомянутый фильтр усредненным согласованным фильтром.

Как видим, алгоритм (4) прост, но он игнорирует факт наличия в принимаемом колебании межсимвольных помех, поэтому от него можно ожидать приемлемого качества приема лишь при малом уровне этих помех.

Библиографический список

1. Прокис Дж. Цифровая связь/ Пер. с англ. под ред. Д.Д. Кловского. – М.: Радио и связь, 2000. – 800 с.

2. Камнев Е.Ф., Кириллов Н.Е., Кобин Н.И., Кульчицкий В.К., Нуждин Ю.А., Парамонов А.А. Методы обработки сигналов при наличии помех в линиях связи/ Под ред. Е.Ф. Камнева. – М.: Радио и связь, 1985. – 224 с.

УДК 621.396.67

МАЛОГАБАРИТНЫЕ АНТЕННЫ В СИСТЕМАХ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ

Колесников С.М., Копсяев Д.А., Пивоваров Ю.С., Тенькаев И.А., Куликов А.А., Самарин Д.В., ***МГТУ МИРЭА, Москва, Россия***

В устройствах мобильной связи, используемых в сетях GSM, LTE, WI-FI, WI-MAX, *Bluetooth* используются малогабаритные антенны, имеющие малый вес, которые можно встроить в сотовые телефоны и другие

устройства. Перечисленные сети работают в различных диапазонах частот, приведенных в таблице.

Вид сети	Применяемые частоты
GSM	890-915 МГц, 935-960 МГц 1710-1785 МГц, 1805-1880 МГц
3G	1920 – 1980 МГц 2110 – 2170 МГц 453-457.5 МГц, 463-467.5 МГ
CDMA	453-457.5 МГц, 463-467.5 МГц 1920 – 1980 МГц, 2110 – 2170 МГц
LTE	791-862 МГц, 890–915 МГц 935–960 МГц 1710–1785 МГц, 1805–1880 МГц, 2500-2700
WI-MAX	2500-2600 МГц
Bluetooth	2,4-2,4835 ГГц
WI-FI	2,4 ГГц

Очевидно, что простые антенны типа четверть-волнового вибратора имеют слишком большие размеры для компактных носимых устройств. Кроме того, простые антенны не позволяют перекрыть все перечисленные диапазоны для работы в разных сетях, а современные смартфоны должны обеспечивать работу в разных сетях.

Уменьшение габаритов антенн в первых конструкциях обеспечивалось за счет применения полосковых вибраторных антенн [1]. На рис. 1 показан эскиз полосковой антенны с питанием от микрополосковой линии

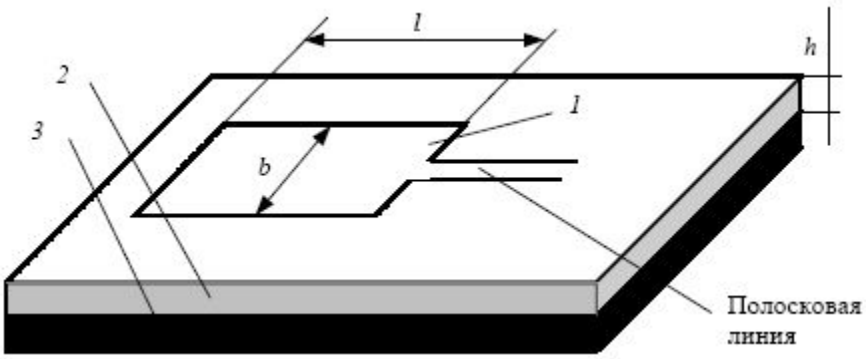


Рис. 1. Эскиз полосковой антенны
(1- излучатель; 2 - подложка; 3 - экран)

На рис.2 показана диаграмма направленности такой антенны, рассчитанной на частоту 2500 МГЦ, смоделированная в системе Microwave Studio [2].

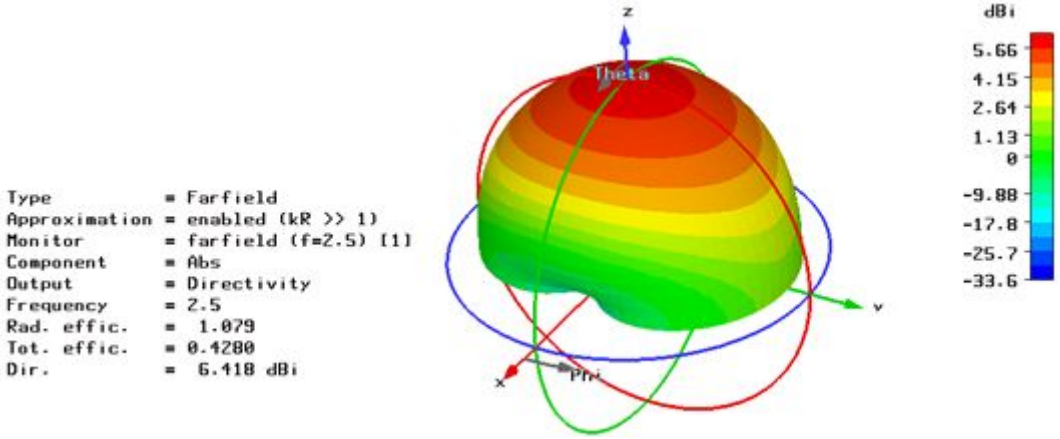


Рис. 2. ДН полосковой антенны

Недостатком антенн является их узкополосность в сетях GSM - 900 b GSM - 1800 приходилось использовать комбинацию двух совмещенных антенн. Поэтому разрабатывались другие типы малогабаритных антенн.

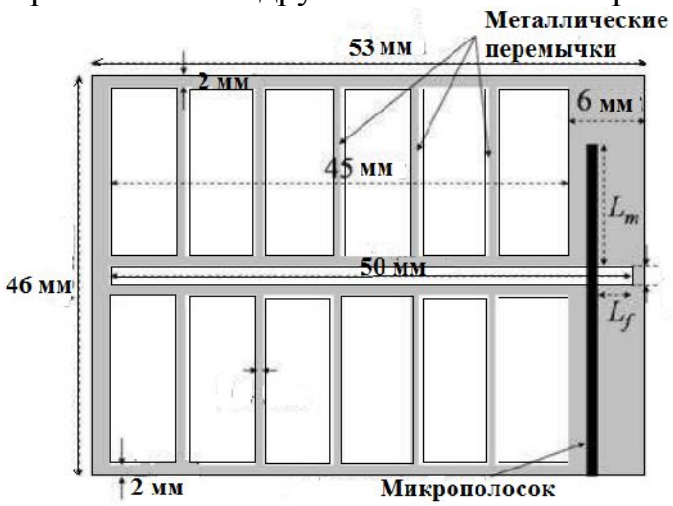


Рис. 3. CBSD антенна

Так на рис. 3 показана модифицированная CBSD антенна (щелевая антенна с резонатором), рассчитанная на частоту 2200 МГц. Такая антенна также оказалась узкополосной, хотя за счет модификации резонатора и применения запитки через емкостную связь удается расширить полосу рабочих частот по сравнению с полосковой антенной [3,4].

В дальнейшем были разработаны PIF (плоские инвертированные F образные) антенны [4]. Ширина полосы рабочих частот в таких антеннах зависит не только от размеров излучателя, но также от размеров экрана и способа запитки излучателя.

На рис. 4 показана модифицированная широкодиапазонная PIF ан-

тенна с емкостным возбуждением излучателя.

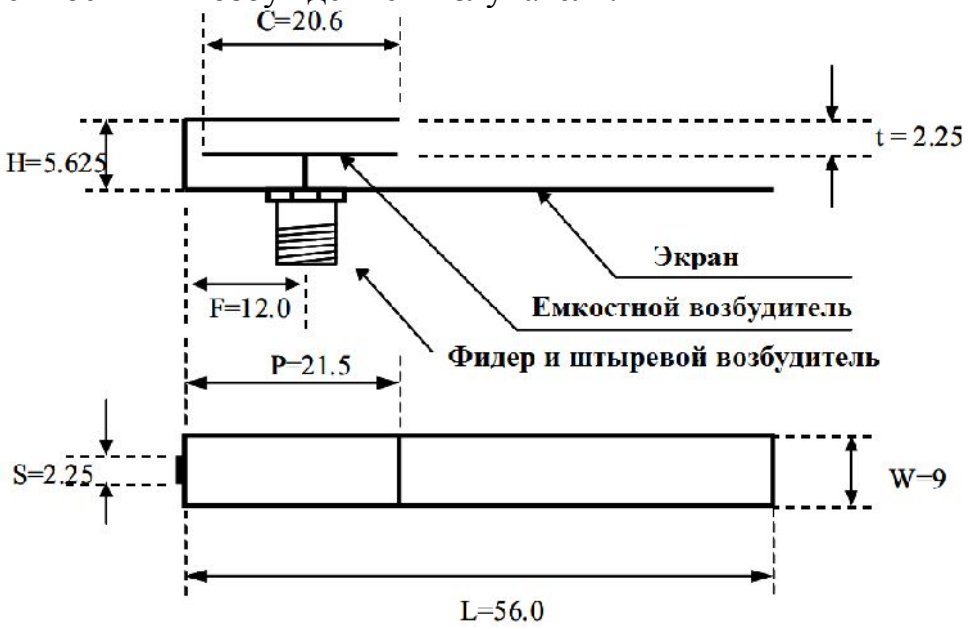


Рис. 4 Модифицированная PIF антенна

На рис. 5 показаны измеренные и рассчитанные в программе Microwave Studio частотные зависимости коэффициента стоячей волны на входе антенны при подключении ее к 50 Ом-му коаксиальному кабелю.

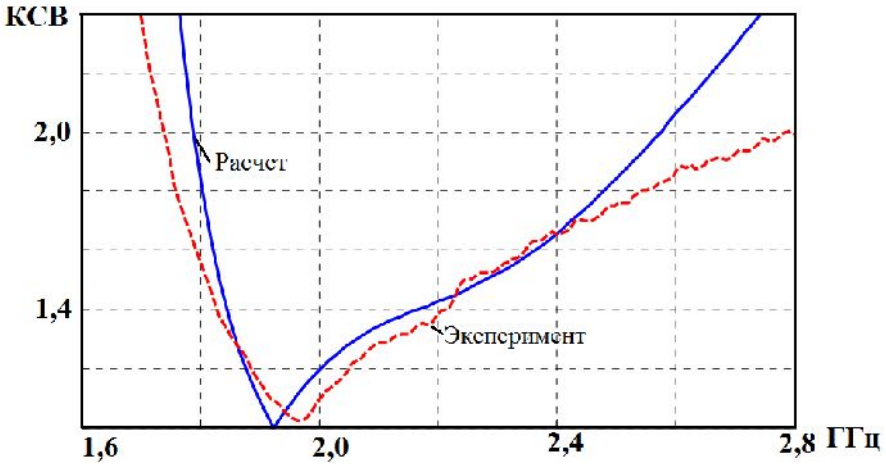


Рис. 5 Характеристики PIF антенны

Такая антенна может обеспечить перекрытие всего основного диапазона частот сетей мобильной связи и имеет малые габаритные размеры.

Библиографический список

1. Панченко Б.А., Нефедов Е.И. Микрополосковые антенны // М.: Радио и связь. 1986.

2. CST Microwave Studio 2006 user manual. CST GmbH – Computer

Simulation Technology, 2006, http://www.cst.com.

3. Wong K.L. Compact and broadband microstrip antennas // NY. John Wiley & Sons. 2002.

4. Hirisawa K., Haneishi M. Analysis, Design, and Measurement of small and Low-Profile Antennas. Boston: Artech House, 1992.

УДК 623.4.01

УНИВЕРСАЛЬНАЯ МНОГОУРОВНЕВАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ЦИФРОВОЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Авдеев Т.А., Бондарь А.А., Потапов М.Ю., Тихонова О.В.,
МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Введение

При проектировании сложных систем вопрос о реализуемости заданных технических характеристик традиционно решается методами математического моделирования [1]. Последующая разработка, эксплуатация и модернизация системы сопровождается усложнением модели для решения широкого круга задач по выбору технических параметров системы, методов работы ее отдельных блоков, способах повышения эффективности. Для обхода ограничения большой размерности модели (что неизбежно для подробной имитационной модели) используется разработанный одним из авторов метод иерархического многоуровневого моделирования [2]. Сказанное выше абсолютно применимо к радиотехническим системам.

Группа студентов и аспирантов МТГУ МИРЭА создала универсальную многоуровневую модель системы передачи данных на основе стандартных представлений о реальном аналоге [3], схема модели представлена на рис. 1.

В этой модели рассматриваются две подсистемы: подсистема передачи битовой информации и подсистема передачи сигнала; их совмещение в рамках одной модели нецелесообразно, но в рамках рассматриваемых задач можно каждую из них заменить на статистический аналог.

Модель системы кодирования, входящая в подсистему передачи битовой информации, в свою очередь содержит блоки кодирования, перемежения и вставки синхрослова. Модель системы декодирования содержит блоки синхронизации, деперемежения и декодирования.

Модель построена по принципам иерархического многоуровневого моделирования, в частности ей присуще структурное подобие (при котором структура модели повторяет структуру самой системы), алгоритмическое соответствие (полное совпадение цифровых алгоритмов модели и ре-

альной системы), сочетание имитационных и статистических методов моделирования, блочность построения. Универсальность модели обеспечивается возможностью использования разных типов кодирования, способов синхронизации, алгоритмов перемежения. В модели возможно моделировать как жесткие, так и мягкие решения демодулятора, рассматривая различные типы простых (BPSK) и сложных (QPSK, DPSK) сигналов. Циклограмма работы модели приведена на рис. 2.

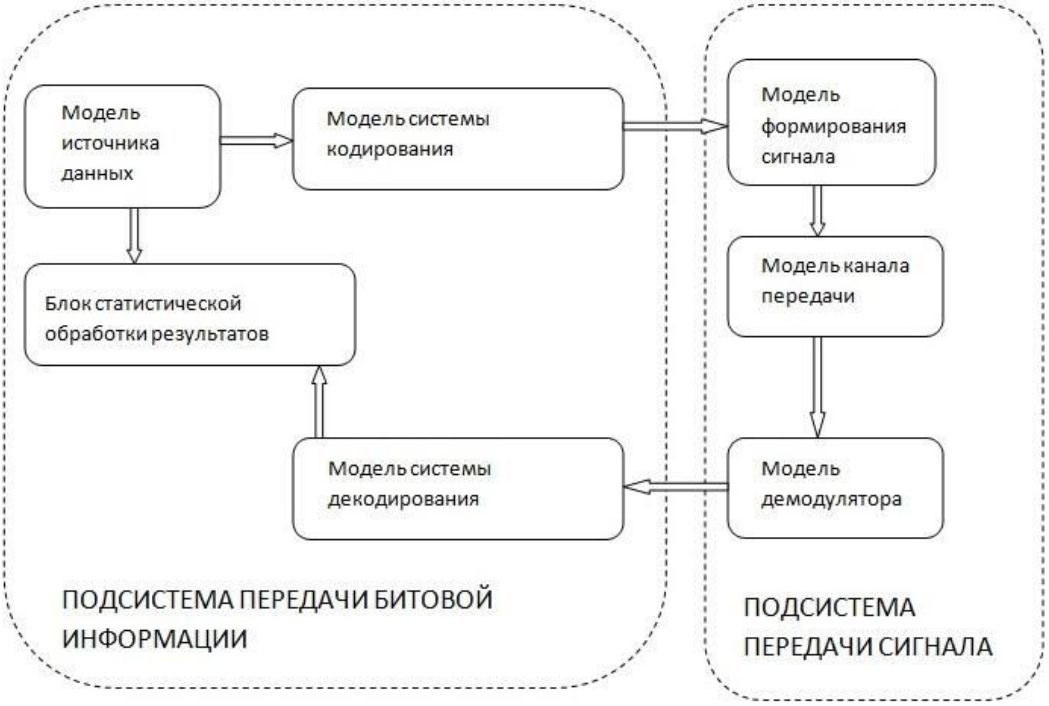


Рис. 1. Многоуровневая система передачи данных

Рис. 2 Циклограмма работы модели

Модель состоит из следующих блоков:

Блок информации предназначен для формирования случайных или наперед заданных информационных слов данных.

Блок кодирования воспроизводит алгоритм кодирования помехоустойчивым кодом, преобразовывая информационные слова в кодовые слова большей длины.

Блок перемежения делает перестановку символов кодовых слов с заданной глубиной перемежения.

Блок вставки последовательности предназначен для формирования маркеров, отмечающих начало и конец кодовых слов при непрерывной передаче данных по каналу связи.

Блок передачи имитирует работу модулятора, канала связи и демодулятора. В соответствии с принципом многоуровневого моделирования эти три составляющие моделируются отдельно, а здесь используются статистические аналоги их работы.

Блок синхронизации выявляет в принимаемом потоке данных отдельные кодовые слова.

Блок деперемежения восстанавливает исходный порядок следования символов.

Блок декодирования исправляет ошибки передачи символов и восстанавливает исходные информационные слова.

Для получения статистических оценок работы системы связи в разных условиях (задаваемых в блоке передачи) в модели предусмотрен блок статистики, не имеющий аналога в реальной системе.

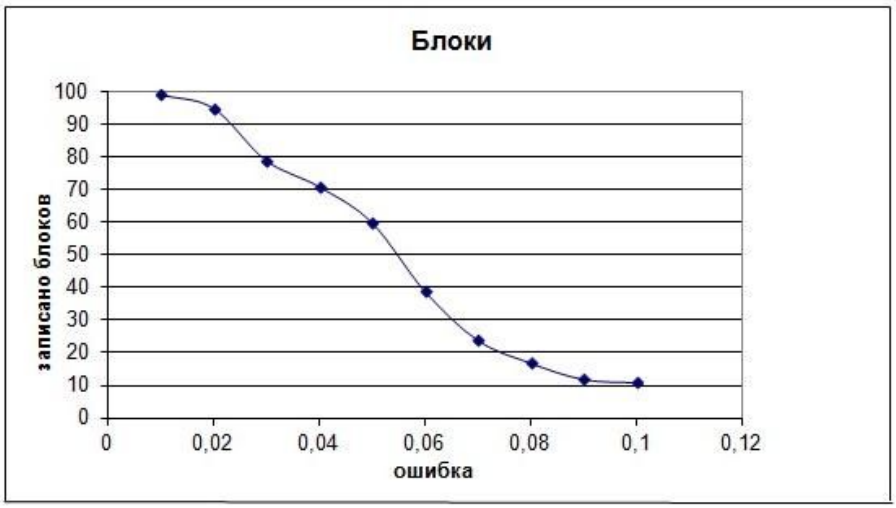


Рис. 3. Результат моделирования алгоритма синхронизации

Одним из важных вопросов при создании системы передачи данных является вопрос о способе восстановления блочной структуры данных при их передаче сплошным потоком. Разработанный авторами и протестированный с помощью модели алгоритм синхронизации позволяет выявлять отдельные блоки, разделяемые перед передачей синхрословами, с большой

степенью вероятности. Результаты статистического моделирования работы алгоритма синхронизации приведены на рис.3. На рисунке приведена зависимость правильно выявленных блоков в зависимости от величины битовой ошибки при допустимом пороге в найденном синхрослове равном 3.

С использованием этой математической модели оценивалась эффективность методов блочного кодирования с использованием кодов с малой плотностью проверки на четность и турбокодов произведения, в качестве составляющих использующих расширенный код Хемминга по строкам и столбцам.

Заключение

Данные, полученные с помощью универсальной математической модели системы цифровой связи, использованы при разработке системы связи и будут использоваться в дальнейшем.

Библиографический список

1. Зарубин В.С. Математическое моделирование в технике//М.:- Издво МГТУ им. Н.Э.Баумана,2003. – .496 с.

2. Тихонова О.В. Многоуровневое моделирование сложных технических систем// Системы компьютерной математики и их приложения. Материалы XIII международной научной конференции. Смоленск, - 2012., Выпуск 13,С.216-217.

3. Бернард Скляр. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 1104 с.

УДК 623.4.01

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА КАНАЛЬНОГО КОДИРОВАНИЯ ГАЛЛАГЕРА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ СИСТЕМЫ ЦИФРОВОЙ СВЯЗИ

Сосульников А.К., Тихонова О.В., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Введение

Одним из путей повышения качества цифровой связи является помехоустойчивое канальное кодирование. Преобразовав исходное сообщение таким образом, чтобы сделать его максимально отличным от любого другого информационного сообщения (что достигается введением некоторой избыточности в передаваемое сообщение), получаем возможность не только определить факт того, что сообщение принято корректно или с ошибка-

ми, но и в большинстве случаев исправить эти ошибки.

При построении системы цифровой связи неизбежно приходится решать оптимизационную задачу. Чем больше избыточность, тем точнее можно определить принятое сообщение (большее число ошибок передачи поддается корректировке). Однако чем больше избыточность, тем большую пропускную способность должен иметь канал связи. Что при фиксированных значениях мощности и ширины полосы пропускания приводит к появлению большего количества ошибок [1].

1. Коды Галлагера

В настоящее время в теории канального кодирования рассмотрены разнообразные методы помехоустойчивого кодирования [2,3]. Исходя из ограничения вычислительных мощностей, предпочтение отдается линейным кодам.

Одним из методов линейного блочного кода является метод кодирования Галлагера [4]. Фундаментальная теорема Шеннона утверждает, что при определённых условиях вероятность ошибки декодирования (то есть невозможность декодером исправить ошибку передачи) можно уменьшить, выбрав большую длину ключевого слова. Однако, данная теорема (и работа вообще) не показывает, как можно выбрать большую длину, а точнее как эффективно организовать процесс кодирования и декодирования информации с большой длиной ключевых слов. Если предположить, что в кодере и декодере есть некие таблицы соответствия между входным блоком информации и соответствующим кодовым словом, то такие таблицы будут занимать очень много места. Поэтому одним из способов кодирования является использование проверочной матрицы, которые позволяют за одно математическое действие (умножение строки на матрицу) выполнить проверку правильности передачи кодового слова. Аналогичным образом каждой проверочной матрице соответствует порождающая матрица, аналогичным способом одной операцией умножения строки на матрицу генерирующей кодовой слово.

При длинах блоков в несколько тысяч бит хранение матриц размером в мегабиты, уже становится неэффективным. Одним из способов решения данной проблемы становится использования кодов с малой плотностью проверок на чётность, когда в проверяющей матрице количество единиц сравнительно мало, что позволяет эффективнее организовать процесс хранения матрицы или же напрямую реализовать процесс декодирования с помощью полупроводниковой схемы.

Коды Галлагера (LDPC-коды) описываются низкоплотностой проверочной матрицей размера n на m, содержащей в основном нули и относительно малое количество единиц. По определению, если каждая строка матрицы содержит ровно $k < n$ и каждый столбец ровно $j < m$ единиц, то код называют регулярным (в противном случае — нерегулярным).

2. Алгоритмы кодирования и декодирования

Кодирование линейным блоковым кодом представляет собой простое перемножение информационного слова на порождающую матрицу.

В качестве алгоритма декодирование был взять алгоритм «сумма-произведений» из [2]. Принцип работы этого итерационного алгоритма можно описать с помощью графа Таннера.

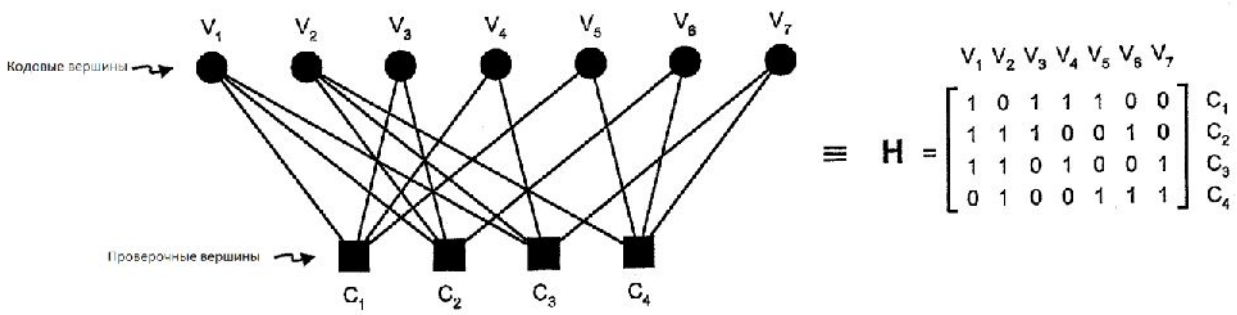


Рис.1. Граф Таннера для проверочной матрицы H

Проверочную матрицу H размера (m,n) можно представить в виде двудольного графа с двумя типами вершин: кодовые вершины $\{V_i, i = 1..n\}$, соответствующие битами декодированного слова и проверочные вершины {Ci, i = 1..m},соответствующие проверочным соотношениям матрицы H. А наличие ребра, соединяющего V_i с C_j, определяется значением (i,j)элемента матрицы H.Тогда работу алгоритма можно описать следующим образом:

Шаг 1.. Инициализация: для каждого бита принятого слова рассчитывается вероятность того, что принятый бит «1» или «0», эти значения хранятся в соответствующих кодовых вершинах.

Шаг 2. Кодовые вершины отправляют свою информацию в связанные с ними проверочные вершины.

Шаг 3.В проверочных вершинах происходит расчет вероятностей, что проверочное уравнение удовлетворится, если текущий бит равен 1, а остальные независимы с известными вероятностями. Такая вероятность рассчитывается для каждой кодовой вершины, связанной с текущей проверочной.

Шаг 4.Проверочные вершины рассылают полученные вероятности по своим кодовым вершинам.

Шаг 5. В кодовых вершинах пересчитывается вероятность о значении данного бита на основе полученной информации от всех своих проверочных вершин и выносится решение о значение этого бита.

Шаг 6. Рассчитывается синдром (произведение кодового слова на проверочную матрицу) полученного слова – если он нулевой, то процесс оста-

навливается, если нет, то продолжается. В случае если число итераций превысит заранее заданное значение, то произойдет отказ от декодирования.

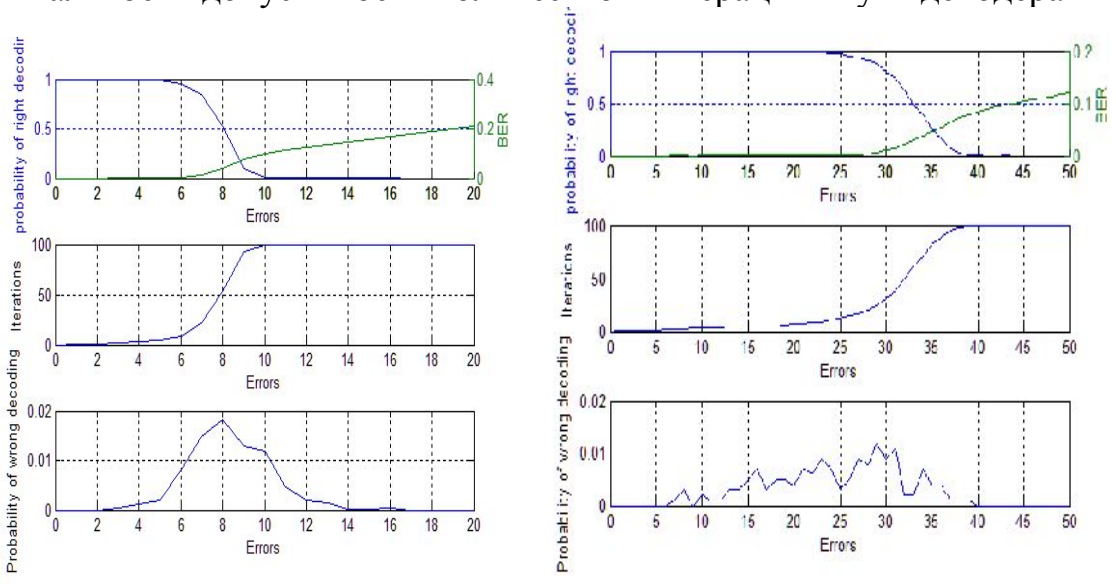
3. Математическая модель для оценки эффективности кода Галлагера

Для статистических оценок работы кода Галлагера использована следующая математическая модель.

Основная программа считывает из текстового файла проверочную матрицу H, и по этой матрице находит порождающую матрицу G. Так как LDPC-код относится к классу линейных кодов, то для исследований его свойств достаточно рассматривать передачу нулевого слова. Затем передаваемое слово смешивается с шумом, рассчитывается его синдром и слово передавалось декодеру. При моделировании такого канала связи не рассматривалась конкретная модуляция сигнала, поэтому шум представляет собой случайную бинарную последовательность, с задаваемым количеством единиц и известной вероятностью ошибки на бит. Соответственно смесь сигнала и шума считалась через сумму по модулю 2. Декодер выдает декодированное слово, количество итераций потребовавшихся для декодирования и синдром слова. На основе этих данных уже рассчитывались статистические характеристики.

Количество реализаций – 10^5

Максимальное допустимое количество итераций у декодера – 100.



А) Б)

Рис.2. Статистические характеристики – вероятность правильного декодирования, BER, количество итераций, вероятность ложного декодирования. А) матрица 48x96 Б)матрица 204x408

Увеличение количества итераций улучшает характеристики кода, но ненамного. В модели были рассчитаны характеристики кода на одной и той же реализации шума, но с разным количество итераций.

Количество итераций	25	100000
Количество реализаций	10^5	10^5
Количество вносимых шумом ошибок	4	4
Вероятность правильного декодирования	0.9958	0.9996
BER	$3.0573 * 10^{-4}$	$9.6771 * 10^{-5}$

Итого улучшение 1)Вероятность правильного декодирования 1.0038
2)BER - 0.3165

Причем на декодирование некоторых слов может уходить огромное количество итераций, может возникнуть ситуация, когда слово декодируется более чем за 7000 итераций.

Выводы

По результатам математического моделирования можно сделать выводы:

- использование кода Галлагера может давать существенный выигрыш (до 6 – 8 дб), причем он тем больше, чем больше размеры проверочной матрцы.

- при увеличении размеров кодового слова до нескольких десятков тысяч элементов согласно [2] достигается предел Хемминга, однако вычислительные мощности не позволяют реализовать кодовые слова такой длины.

Библиографический список

1. Бернард Скляр. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 1104 с.

2.Морелос-Сарагоса Р. Искусство помехоустойчивого кодирования - методы, алгоритмы, применение/М.: - Техносфера. – 2005

3.Sarah J. Johnson, “Iterative Error Correction”, 2010

4. Галлагер Р.Дж. Коды с малой плотностью проверок на четность/М.: - Мир, - 1966.

УДК: 621.396.2

ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕХОДА РОССИИ НА ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЕ ЛИНИИ СВЯЗИ

Манеев Р.Ю., Антипин Н.А., Федулов Ф.А.,
МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Введение

Во всём мире осуществляется переход на новый способ передачи данных посредством оптического волокна. Причиной этого является увеличение пользователей интернета (2000 год – 361 млн., 2013 год – 2 802 млн.) .

Россия занимает первое место в Европе по количеству пользователей интернета (87 млн.) и 6 место в мире (первое место Китай - 538 млн.). Всего интернетом пользуются 68% населения страны. При таком количестве и динамике роста пользователей возникает потребность в модернизации линий передачи данных..

1. Сравнение типов ВОЛС

Проведём сравнение темпов внедрения волоконно-оптических линий связи (ВОЛС) в России и в других странах мира.

Первое место занимает ОАЭ, где на долю ВОЛС приходится 70% от общего количества подключений, второе место Япония – 25%. В Европе средняя цифра составляет 15%, однако в Литве все 100% подключений, а в таких странах как Германия и Великобритания - менее 0,1%. В то время, в США Федеральная комиссия по связи вовсе отказалась от прокладки оптоволокна в рамках развития национальной широкополосной сети. Главной причиной отказа от создания национальной оптоволоконной системы стала дороговизна оптоволокна. Было отдано предпочтение технологии DSL, то есть по телефонным каналам, а в самых удаленных местах появится спутниковый интернет.

Передача посредством оптоволоконного кабеля имеет свои преимущества, такие как высокая скорость передачи данных (от 10 гб/с), отсутствие электромагнитных помех, прокладка на большие расстояния без промежуточных репиторов, меньшая масса и объём кабеля, а также высокая безопасность передачи данных.

В России преимущественно развиваются две технологии передачи данных при помощи оптоволокна: GPON и FTTx.

Расшифровка аббревиатуры FTTx (Fiber to the X) означает, что оптоволоконный кабель проложен от узла связи до определенной точки, после

которой до абонента идет медный кабель. Также есть вариант, где оптоволокно идет до абонентского устройства. В случае с FTTB такой точкой X является многоквартирный дом или офисный центр, где устанавливается единый терминал, от которого уже проводится кабель до конкретного пользователя.

Другими разновидностями технологии FTTx являются FTTN (Fiber to the Node – волокно до сетевого узла), FTTC (Fiber to the Curb – волокно до микрорайона, квартала или группы домов) и FTTH (Fiber to the Home – волокно непосредственно до квартиры или отдельного коттеджа).

В России во втором полугодии 2012 г. абонентов FTTH (Fiber to the Home (волокно до квартиры, жилища)) увеличилось на 2,2 млн. (более, чем на 42%) – это больше, чем во всех 27 государствах Европы вместе взятых – и составило 7,5 млн. домов, подключенных к оптоволокну .

Технология активных оптических сетей FTTB является основным конкурентом пассивных сетей FTTH. В совокупности с Fast Ethernet она обеспечивает оптимальное соотношение по качеству, пропускной способности и затратам на строительство сети, и в отличие от GPON – более выгодна при точечных подключениях.

Крупнейшие российские провайдеры интернет-доступа строят сети с использованием технологии FTTB. Среди них следует назвать "Ростелеком", МТС, "ВымпелКом" и "ЭР-Телеком".

Аббревиатура GPON расшифровывается как Gigabit Ethernet Passive Optical Network –гигабитная пассивная оптическая сеть. Плюсом технологии является экономия на активном оборудовании в промежуточных точках, поскольку в сети используются пассивные оптические разветвители. При этом не требуется подача электропитания к точке ветвления. Другим достоинством является экономия волокон. Прием и передача ведутся по одному и тому же волокну на разных длинах волны несущей. Топология сети может быть любой.

При помощи технологии GPON стало возможным обеспечить доступ в интернет на скорости более 50 Гбит/с. Протяженность оптоволоконного кабеля от сетевого узла до потребителя может достигать 20 км.

2. Применение ВОЛС в России

В настоящее время в России технология GPON находится на начальной стадии развития. Отечественные провайдеры активно включились в освоение новой технологии, но самые серьезные планы на этот счет имеют операторы «Ростелеком» и МГТС, которые после некоторых колебаний решили отказаться от сильно устаревшего медного кабеля и вести строительство сетей по технологии пассивных оптических сетей.

За 2011 год количество абонентов GPON у «Ростелекома» увеличи-

лось более чем в 2 раза. При этом квартальный рост подключений постепенно замедлялся – с 37% во втором квартале до 31% в четвертом квартале 2011 года. По состоянию на 1 квартал 2012 года «Ростелеком» по данной технологии подключил около 380 тыс. домохозяйств на всей территории страны.

В МГТС заявляют о техническом охвате PON в 1,5 млн. домохозяйств, при этом, сколько из них реально пользуются высокоскоростным ШПД на базе этой технологии, не сообщается. Во 2 квартале 2012 года оператор заявлял о 469 тысячах абонентов проводного ШПД.

В 2011 году компания МГТС объявила, что планирует завершить процесс строительства GPON в Москве к 2017 году, однако теперь этот срок сокращен до 2015 года. Стоимость проекта составит около 2 млрд. долларов, а финансироваться он будет в основном из средств МГТС. Расчетный срок окупаемости проекта оценивается в 7 лет. К этому сроку МГТС планирует занять 40% столичного рынка ШПД. Для обеспечения хорошего покрытия LTE необходимо будет установить больше базовых станций, чем в случае 2G и 3G, и каждая должна быть подключена к оптоволоконной сети, для чего будет построено 15 тыс. км ВОЛС. Построенная сеть GPON позволит снизить затраты на оперативное развертывание сетей LTE примерно в пять раз и обеспечить скорости передачи данных в них до 100 Мбит/с, а в сетях 3G - до 40 Мбит/с. В МТС подчеркивают, что 4G-сеть оператора будет единственной в Москве, полностью подключенной к оптике. Инвестиции во внедрение GPON останутся на том же уровне, что и планировалось – около 50 млрд. рублей.

Несмотря на явные технологические преимущества, внедрять пассивные оптические сети некоторые лидеры отрасли, такие как «ВымпелКом», ГК МТС (за исключением МГТС), «Эр-Телеком», «ТрансТелеКом» и другие, пока не спешат. Выжидательная позиция по отношению к технологии GPON у этих операторов объясняется значительными капиталовложениями при длительных сроках окупаемости.

Традиционные операторы в свою очередь видят в GPON реальную замену устаревшим ADSL-сетям и мощное конкурентное преимущество в случае резкого скачка скорости доступа и объема потребляемого трафика, приходящихся на каждое домохозяйство.

По итогам 3 квартала 2012 года около 15,5 млн. российских домохозяйств пользовалось широкополосным доступом в Интернет по технологии FTTB, что составляет 61% от всех ШПД-подключений. По асинхронной технологии передачи данных (ADSL) было подключено 33% домохозяйств (8,4 млн.), по сетям кабельного ТВ – 4% домохозяйств, на долю GPON, позволяющей обеспечить доступ в Интернет на скорости более 1 Гбит/с, пришлось примерно 2% домохозяйств (0,5 млн.). В основном это абоненты

«Ростелекома» в Северо-Западном, Сибирском и Уральском федеральных округах.

3. Выводы

Россия находится в начальной стадии развития GPON (всего 2% домохозяйств), так как цена на оборудование GPON слишком высока, даже не смотря на колоссальную пропускную способность (от 50 гб/с) и высокую надёжность. Выбор был сделать в пользу Fttb (оптоволокно до здания). Этот вариант является оптимальным по соотношению цена/качество, так как в России подавляющее большинство жилых домов многоэтажные и от терминала до конечного пользователя есть возможность проложить бюджетный медный провод.

Библиографический список:

1. http://www.internetworldstats.com/stats.htm/
2. http://web.json.ru/poleznye_materialy/free_market_watches/analytics/tehnologiya_gpon_razvitie_v_rossii_i_za_rubezhom/
3. http://www.cnews.ru/reviews/free/itsystems2012/articles/articles7.shtml

УДК 621.391.812.7

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАДИОВОЛН СИСТЕМ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ

Макеенкова Н.С., Аветисов А.С., Троян С.В., Халимов С.С., Кругликов А.П., Круглов К.И., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

В последние годы в России и в мире происходит быстрый рост систем мобильной связи, предназначенных для передачи подвижным абонентам цифровых данных и телефонных сообщений [1]. За десять лет преодолен путь от сетей стандарта GSM – 2 до сетей стандарта LTE и начала освоения стандарта GSM – 5. Хотя развитие сетей происходит неравномерно, на многих территориях с низким трафиком существуют сети старого типа, а в мегаполисах абонентам предлагаются одновременно услуги сетей разных типов. Это приводит к перегрузке эфира радиоволновыми излучениями, к экологическим проблемам, к возникновению межсетевых помех, например вызванных интермодуляционными искажениями. В таких условиях предоставления услуг связи территория обслуживания делится на большое число перекрывающихся рабочих сот, внутри которых связь меж-

ду мобильными и базовыми станциями осуществляется по радиоканалу. Размеры сот в крупных городах имеют радиус порядка одного километра, а при значительном трафике на отдельных участках территории могут быть уменьшены до 0,2 км. В пригородных зонах и вблизи от транспортных путей радиус сот может возрастать до десятков километров и ограничиваться расстоянием прямой видимости антенны базовой станции. Наряду с мобильной связью внедряются системы WI-FI и системы персональной радиосвязи, которые характеризуются микро- и пикосотовой структурой с радиусом зон от нескольких сотен до10-60 м.

При проектировании и построении сетей мобильной связи для определения оптимального места установки и числа базовых станций, а также для решения других задач необходимо правильно рассчитывать характеристики сигнала в любой точке пространства в пределах всей зоны обслуживания с учетом особенностей территории, условий нахождения абонентов, существующих на данной территории других источников радиоизлучений. Существующие аналитические методы проектирования дают приемлемую точность проектирования для открытых загородных трасс [2].

Городская среда создает специфические условия для распространения радиоволн. Теневые зоны, многократные переотражения волн, ослабление радиоволн стенами зданий формируют сложную структуру интерференционных наложений полей и приводят к значительным пространственными и временными флуктуациям уровня сигнала, которые не всегда могут быть скомпенсированы аппаратными возможностями сетей [3-5]. Хотя в современных сетях мобильной связи проводится постоянный мониторинг уровней сигналов базовых станций и мобильных аппаратов для установления необходимых уровней выходных мощностей и уровень помех при использовании назначаемых базовых станций, но заложенных технических возможностей может быть недостаточно для обеспечения стандартного качества связи. Такие же проблемы в организации сетей мобильной связи наблюдаются в гористой загородной местности.

В условиях городской застройки или гористой местности передача сигнала между базовыми станциями и мобильными телефонами осуществляется по различным путям, но как правило, отсутствует возможность передачи сигнала по прямому пути между антенными. Все трассы связи оказываются закрытыми различными препятствиями, влияющими на уровень сигнала.

Моделирование влияния препятствий на распространения радиоволн можно осуществлять различными способами: детерминированными, статистическими и комбинированными. К первым относят в основном электродинамические методы геометрической оптики, физической и геометрической теорий дифракции, метод параболического уравнения, а так-

же численные методы электродинамики. Они позволяют произвести расчеты напряженности поля с большой степенью точности, но предъявляют требования к точности описания геометрии трассы и характеристикам сред, участвующим в передаче сигнала. Статистические методы, разработанные на основе ряда различных моделей учитывают случайный характер распределения неоднородностей среды, оказывающих влияние на процесс распространения радиоволн. Они позволяют предсказать некоторые средние характеристики сигналов, но дают значительные ошибки. Детерминированные методы проектирования применимы только для трасс с фиксированной геометрией и требуют больших вычислительных затрат.

В этих условиях для моделирования процессов распространения радиоволн в сетях мобильной связи наибольшее применение находят численные методы, реализующиеся системами автоматизированного проектирования, использующие имеющиеся электронные карты местностей, полученные при построении геоинформационных систем (ГИС). Например, предлагаемая AWE Communications детерминированная модель распространения радиосигнала Volcano разработана как дополнительный модуль к системе радиочастотного планирования TEOCO ENTERPIRSE.
Volcano представлена 3-мя моделями:

- Rural Model (загородная);
- Urban Model (городская);
- Indoor Model (в здании).

TEOCO ARRAYWIZARD основывается на функциональностях расчета сетей 2G-4G инструмента планирования ASSET и предназначен для расчета предикций и построения карт покрытий различного разрешений по любым участкам сети в автоматическом режиме. TEOCO ASSET – наиболее часто используемый инструмент моделирования и автоматического сотового планирования; усовершенствованная перспективная расширяемая система программного обеспечения, использующая несколько технологий одновременно

Вместе с тем, проблемы моделирования распространения радиоволн в гористой местности является актуальной и требует дальнейших исследований и разработки достоверных методов расчета и оптимизации размещения сети базовых станций.

Библиографический список

1. Столлингс В. Беспроводные линии связи и сети.- М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 640 с.

2. Черенкова Е.Л., Чернышев О.В. Распространение радиоволн. –М.: Радио и связь, 1984.–272 с.

3. Laurila J., Kalliola K., Toeltsch M., Hugl K., Vainikainen P., Bonek E.

Wideband 3-D characterization of mobile radio channels in urban environment. IEEE rans. Antennas Propagat., 2002, vol. 50, № 2, pp. 233-243.

4. Karasawa Y. Multipath propagation theory and modeling in wideband mobile radio: the “ETP model”, connecting “Ppropagation” and “System”. The Radio Science Bulletin No 302 (September, 2002), pp. 5-15.

5. Якимов А.Н., Андреев П.Г., Князева В.В. Моделирование распространения электромагнитных волн в помещении с учетом влияния местных предметов. Журнал радиоэлектроники (электронный журнал). №2, 2015. 13 с.

УДК 621.396

СИГНАЛЫ ДЛЯ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ЦИФРОВОЙ ИНФОРМАЦИИ

Викулов В.М., Геворгян О.А., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Введение

В связи с развитием цифровых систем обработки информации, таких как ПЛИС (программируемые логические интегральные схемы), сигнальные процессоры и микроконтроллеры синтез и приём сигналов значительно упростился. Сегодня создать модем можно на одном кристалле с помощью встроенных программных атрибутов фирмы-производителя микросхем и языков программирования.

Благодаря подобным новшествам прогресс в области помехоустойчивого приёма и обработки сигналов дошёл до того, что сегодня учёные борются за улучшение показателей, измеряемых долями децибела.

Так как с каждым годом объёмы передаваемой информации неуклонно возрастают, важнейшими требованиями к системам связи являются высокая скорость передачи данных и высокая спектральная эффективность. Существует несколько подходов к удовлетворению этих требований.

Актуальным вопросом стал поиск и разработка новых сигнально-кодовых конструкций, которые отвечали бы современным требованиям. Отдельный сложный вопрос – методы приёма подобных сигналов. По мере усложнения сигналов эти методы пропорционально усложняются. А на высоких скоростях передачи, порядка сотен Мбит/с, задача обработки сигнала становится действительно непростой, как, например, задача формирования и демодуляции сигнала SOQPSK (*Shaped Offset Quadrature Phase Shift Keying*)

В данной статье рассмотрены два типа сигналов, используемых в со-

временных системах передачи информации.

Первый сигнал – OFDM (*Orthogonal frequency-division multiplexing*). Он уже хорошо зарекомендовал себя для передачи больших потоков высокоскоростной информации благодаря простоте цифрового синтеза, использующего базовые операции, прямоугольности частотной характеристики (рис. 1) и простоте приёма. OFDM используется в таких мировых стандартах, как DVB-T, DVB-T2 (наземные и мобильные системы цифрового телевидения), беспроводные системы связи LTE и WiMAX, а также в последних стандартах Wi-Fi.

Второй сигнал, а точнее семейство сигналов, можно назвать сигналами модуляции непрерывной фазой (МНФ). На базе широко известного сигнала MSK (*minimum shift keying*) путём расширения фазового импульса на несколько периодов (модифицированные сигналы) можно добиться существенного улучшения спектра (рис. 2), то есть снижения внеполосных излучений и сужения главного лепестка. На рисунке представлены спектры трёх сигналов: классического MSK и двух сигналов, фазовый импульс которых растянут на 2 и 4 символа соответственно.

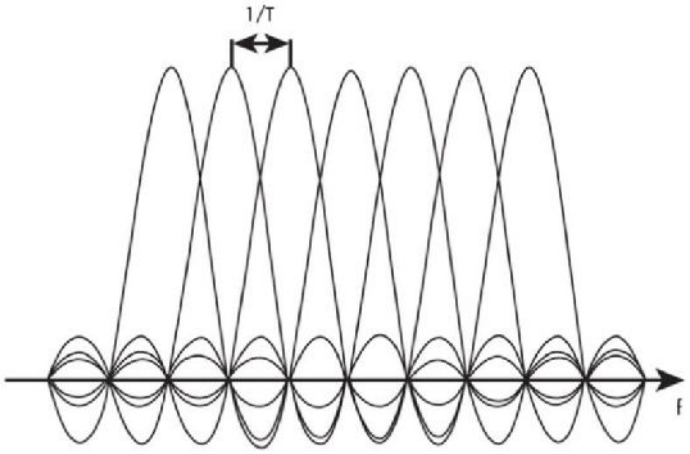


Рис. 1. Частотный спектр сигнала OFDM

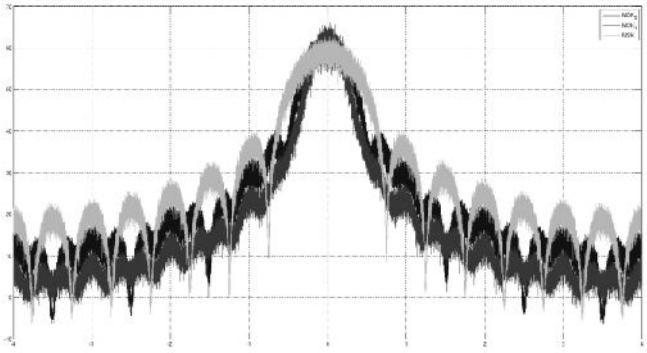


Рис. 2. Частотный спектр сигнала MSK и двух модифицированных сигналов

1. Сигнал OFDM

Как уже было сказано ранее, первый сигнал – OFDM. Целью статьи не является досконально описать данный вид сигнальной конструкции. Об этом можно достаточно подробно прочесть в [1]. Стоит лишь отметить, что определённое достоинство OFDM в том, что информация передаётся путём разделения полосы частот на нужное количество ортогональных каналов, что обеспечивает крутизну спектра. Каждый канал в процессе передачи можно модулировать разными методами.

Основная проблема, которая препятствует использованию подобного сигнала в системах с передатчиком с ограниченной мощностью, - большие значения пик-фактора (ПФ), представляющего отношение пиковой мощности к средней:

$$\text{ПФ} = \frac{MAX\,(S_k^2)}{\frac{1}{k}\sum_k S_k^2} \qquad (1.1)$$

Основным методом снижения показателя ПФ является внесение избыточности в передаваемое сообщение. При передаче информационного слова заранее просчитывается тот вектор информационных символов, который надо добавить для наибольшего снижения показателя ПФ.

В данной статье приведены исследования, при которых к информационному вектору (N = 6, 12, 24) добавлялся избыток, равный 25% от информационного сообщения (M = 2, 4, 8 соответственно). Далее для всех возможных реализаций информационного вектора перебирались значения избыточности. Это делалось, чтобы найти для каждых битов информации добавок, максимально снижающий ПФ. Эксперимент проводился при двух видах модуляции подканалов: BPSK и QPSK.

В ходе эксперимента на компьютерной модели удалось доказать, что при таком методе уровень ПФ снижается на 2 – 2.3 дБ, что показывают рисунки ниже (рис. 3, рис. 4). Приведён результат моделирования 32-битных слов (N = 24, M = 8).

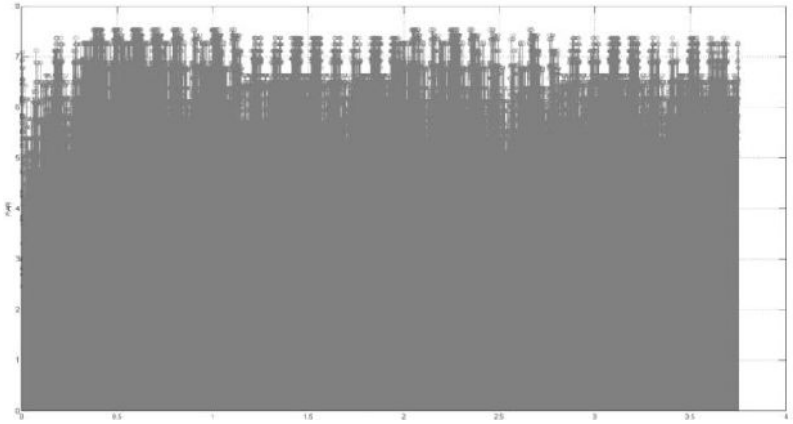


Рис. 3. Уровень ПФ для всех реализаций

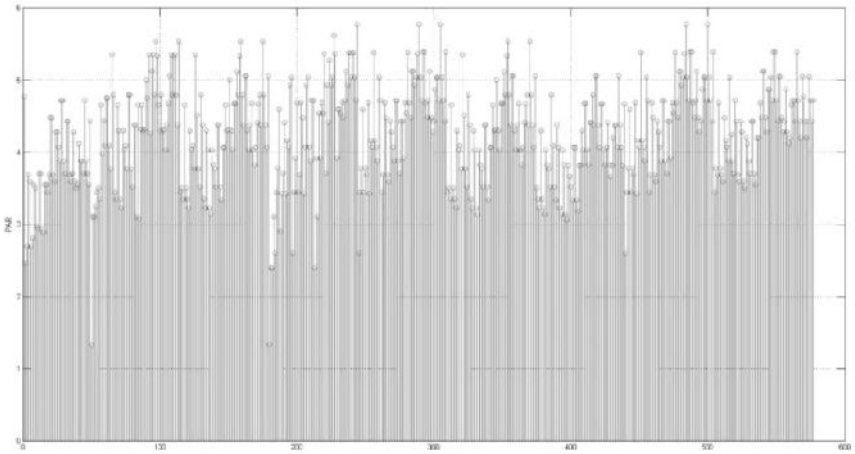


Рис. 4. Минимально возможный ПФ для каждой информационной реализации

На рис. 3 приведены значения ПФ для всех реализаций со всеми возможными добавочными символами. По оси абсцисс отложено количество реализаций – 2^{32} штук, а по оси ординат - величина ПФ. На рис. 4 изображены только те информационные слова с добавками, при которых значение ПФ минимально. В сравнении двух зависимостей явно видно, что ПФ снижается при подобном методе.

В заключение раздела стоит отметить, что этот метод можно улучшить, отбрасывая после обработки те реализации, где ПФ всё же остался выше определённого значения. Данное улучшение ещё снизит пиковую мощность при передаче, но часть информации потеряется.

2. Семейство сигналов МНФ

В статье [2] рассматривались методы приёма сигналов МНФ, рассматривались исключительно изохронные сигналы (т.е. с постоянным тактовым интервалом).

На базе классического MSK, удлинив фазовый импульс на 2 (MSK_2) и 4 (MSK_4) символа соответственно, удалось добиться улучшения спектра сигнала. Более подробно похожие модифицированные сигналы описаны в [3]. Отдельный вопрос – усложнение приёмной части при подобном «растягивании» фазового импульса, ведь количество возможных фазовых точек увеличивается пропорционально удлинению.

На рис. 5 представлены зависимости BER (*bit error rate*) для приёма указанных трёх видов сигналов с помощью алгоритма Витерби [4, 5] от уровня сигнал/шума (С/Ш). Как видим, улучшение спектральных характеристик сигнала, наблюдаемое при удлинении фазового импульса, приводит к усложнению процесса демодуляции.

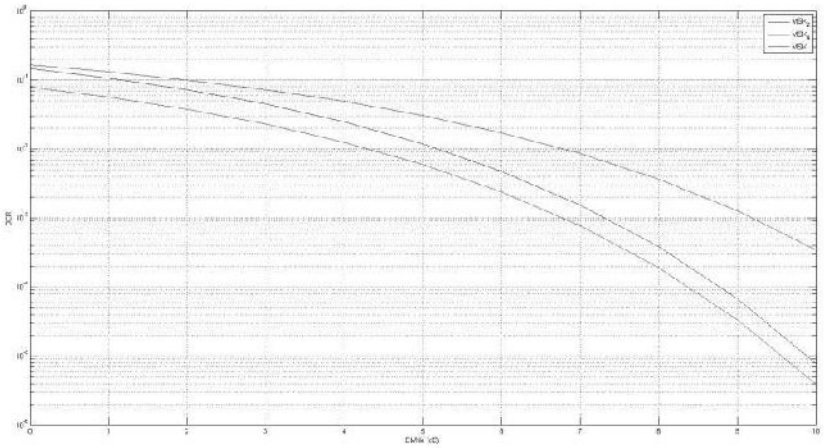


Рис. 5. Вероятность битовой ошибки для MSK сигнала и двух его модификаций

Как заключение стоит отметить, что введение в систему связи с подобными сигналами помехоустойчивого кодирования существенно улучшило бы показатели приёма.

Заключение

Выше приведены лишь некоторые результаты исследований. В дальнейшем планируется построить модель приёма МНФ сигналов с мягким выходом, что означает, что с выхода демодулятора будут поступать на декодер не двоичные векторы, а вероятности. Эта мера, диктуемая современными системами связи и мощными помехоустойчивыми кодами, полностью оправдывает свою сложность реализации. Так как подобные сигнально-кодовые конструкции используются в современных системах высокоскоростной связи, показывая отличные характеристики приёма-передачи.

Библиографический список

1. Ипатов В.П. Широкополосные системы и кодовое разделение сигналов. М.: Техносфера, 2007. – 488 стр.

2. Емельянов П.Б., Парамонов А.А. Дискретные сигналы с непрерывной фазой// Зарубежная радиоэлектроника. – М.: 1990. – № 12. - с. 17-34.

3. Anderson J.B., Aulin T., Sundberg C.-E. Digital phase modulation. New York: Plenum Press, 1986.

4. Проксс Дж. Цифровая связь. М.: Радио и связь, 2000. – 800 с.

5. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. Изд. 2-е, испр. М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 1104 с.

УДК 623.4.01

СИНТЕЗ ЗАЩИЩЕННОЙ ОТ ВСКРЫТИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНО-ЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ИНФОКОММУНИКАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

Голуб Б.В., Самарский государственный университет

Для защиты структуры инфокоммуникационной сети (ИКС) от ее реконструкции нарушителем необходимо изменять связность ИКС в условиях возможных деструктивных воздействий и помех внешней среды.

Эффективность процедур изменения связности целесообразно вычислять через расстояние между матрицами связности и матрицами интенсивности. Для таких матриц можно использовать евклидово расстояние, которое тесно связано и с известными коэффициентами корреляции. Динамическое управление связностью целесообразно осуществлять путем динамического управления идентификационными признаками корреспондентов, не затрагивая конфигурации физической инфраструктуры. Добиться этого можно путем расширения адресного пространства элементов ИКС и синхронизированного на узлах отправителя и получателя изменения в *IP*-заголовках адресов отправителя и получателя передаваемых пакетов сообщений. В случае решения задачи прямым синтезом удобно использовать адаптивные методы организации поиска решения введением в граф случайных мутаций и процедуры селекции – правил отбора, позволяющих выявлять из них удовлетворяющие требованиям (благоприятные). Технологически структурная адаптация использует дополнительные логические адреса, маскирующий трафик с изменяемой интенсивностью, маршрутизацию от источника и другие технические решения. Специфика интегрированных ИКС обязательно накладывает на управление требование допустимости управлений. Сравнительную оценку [1] конкурирующих структур предлагается проводить путем оценки вероятности образования структур, когда смежные «опасные» узлы образуют цепочки, исключающие обмен между абонентами, что позволяет учесть адаптацию маршрутов пакетов сообщений между корреспондирующими абонентами к изменениям структуры ИКС. Практические приложения разработанного метода могут использовать метод статистических испытаний Монте-Карло.

Для этого выявляют соотношение потенциально «опасных» и потенциально «безопасных» узлов ИКС, при котором распространение отказов охватит критическую часть инфраструктуры ИКС и приведет к ее деградации и срыву управления. Теоретической примененного подхода является

теория перколяции. Воздействие на ИКС помех, вызывающих цепочки отказов, аналогично представленному в [2] процессу перколяции и дает возможность описать процессы деградации ИКС наподобие эпидемии. Случаи частной оценки, когда авторы не ставят перед собой задачи синтеза, приведены в [3].

Пусть каждый узел ИКС имеет определенную важность h_i, отражающую его функциональное предназначение, а задача нарушителя – снизить доступность узла ИКС для абонентов. Если стратегия нарушителя заключается в распределении своего неоднородного ограниченного ресурса по целям после их иерархической классификации, то нарушитель будет стремиться осуществлять деструктивные воздействия на наиболее важные узлы ИКС. В результате формирования защищенной структуры и введения нарушителя в заблуждение относительно функционального предназначения узла ИКС, нарушитель будет воздействовать на второстепенные узлы ИКС. Для обоснования степени целесообразности (достаточности) преобразований функционально-логической структуры необходимо выполнить оценку потерь для случаев.

Пусть $q_{Availability}^{Node_j}$ – показатель доступности узла ИКС в случае реализации нарушителем атаки для j-го варианта преобразования функционально-логической структуры; h_i – коэффициент важности i-го узла ИКС, который зависит от его функционального предназначения; $k_i \in [0, 1]$ – индикатор состояния i-го узла, $k_i = 1$, если i-й узел функционирует, $k_i = 0$ – в противном случае. Тогда показатель, отражающий доступность узла ИКС:

$$q_{Availability}^{Node_j}\left[k_1, k_2, ..., k_N\right] = \sum_{i=1}^{N} h_i k_i .$$

Вычислять $q_{Availability}^{Node_j}$ при реализации конкретного j-го варианта преобразования структуры, необходимо задав, например, количество узлов ИКС ПУ, на которые нарушитель будет осуществлять атаки. В случае, когда нарушитель не реализует атаку, все узлы функционируют, т. е. показатель доступности имеет свое максимальное значение, а в зависимости от количества узлов ИКС, подавляемых нарушителем, и их важности, показатель будет уменьшаться. При этом термин «подавление» означает снижение значения показателя доступности ниже декларативно заданного нормативного значения.

Следовательно, в качестве показателя устойчивости узла ИКС для j-го варианта целесообразно использовать отношение $q_{Node_j} = q_{Availability}^{Node_j} \Big/ q_{Availability}^{Node_0}$, где $q_{Availability}^{Node_0}$ – начальное значение показателя до атаки. Таким путем обосновывается еще один показатель эффективности

для применяемого преобразования структуры ИКС – показатель устойчивости узла ИКС. Критерием эффективности в этом случае является:

$$q_{Node_j} \rightarrow 1.$$

Ввиду комбинаторной сложности задачи синтеза и реструктуризации функционально-логической структуры ИКС могут существовать такие из них, которые при б*о*льших затратах защитного ресурса имеют м*е*ньшую эффективность, и этот факт необходимо учитывать при выборе наиболее эффективного варианта. Следовательно, для оценки эффективности вариантов преобразования функционально-логической структуры необходимо оценивать и затраты ресурсов на нее. Для того, чтобы выбирать вариант преобразования функционально-логической структуры, требующий меньшего защитного ресурса, необходимо при наличии информации об исходной функционально-логической структуре рассчитать суммарные затраты на осуществление каждого из вариантов преобразований. Суммарные затраты на реализацию *j*-го варианта преобразования должны включать в себя следующие составляющие: $C_{variation\,j} = \Delta N_j \Delta n + \Delta M_j \Delta m$, где ΔN – количество добавленных по сравнению с исходным вариантом структуры узлов (или их несомненных признаков); ΔM – добавленная по сравнению с исходным вариантом интенсивность информационного маскирующего обмена; Δn – номинал затрат на один признак; Δm – номинал затрат на единицу трафика. Номиналы затрат на адреса и трафик могут быть заданы в виде весовых коэффициентов, отражающих важность параметра. Критерием эффективности является $C_{variation\,j} \rightarrow \min$.

Таким образом, для решения задачи синтеза защищенной от вскрытия функционально-логической структуры инфокоммуникационной системы необходимо решить многокритериальную задачу оптимизации, позволяющую по четырем заданным показателям выбрать наиболее эффективный вариант преобразования функционально-логической структуры.

Библиографический список

1. Выговский Л.С. Модель и метод оценки интегрированных объектов информатизации в условиях воздействия преднамеренных и непреднамеренных помех // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2010. № 7. С. 26-30.

2. Федер Е. Фракталы. М.: Мир, 1991. 254 с.

3. Способ сравнительной оценки структур сетей связи: пат. 2460123 Рос. Федерация: МПК G 06 F 13/00 / Максимов Р.В. и др.; заявитель и патентообладатель Военная академия связи имени С.М. Буденного. № 2011133438/08; заявл. 09.08.11; опубл. 27.08.12, Бюл. № 24. 19 с.: ил.

УДК 621.396

Improving the time response of a Phase Locked Loop System by the method of compensation of slowly decaying components of its transfer function

G. N. Arsenyev, Russia
N. K. Shalaby, Egypt

Summary

There is an always increasing demand for the improvement of precision and time response in automatic devices and radar systems and complexes with multifunctional operations.

The issue of improving the quality of performance in a given automatic control system, has been thoroughly studied and analysed in numerous works and papers. For further improvement to take place, that which could be applied in practice, systems based on new principles of design and control need to be devised.

In a phase locked loop (PLL) system, with a deviation-controlled principle of operation (fig.1/рис.1 Deviation-controlled PLL system block diagram), as we try to improve its time response by increasing its gain coefficient, it loses its stability. Hence, for the required improvement to take place, we introduce into the system - through the implementation of an inner differential link - the first and second derivatives of the system input, resulting in a PLL system with a combined principle of operation. This in turn, introduces new parameters into the characteristic equation of the system, which are to be exploited to compensate the two complex roots in the equation, thus cancelling the slowly decaying component of the transient process.

The equivalent block structure of the combined system is designed (fig.5/рис.5 Equivalent block diagram of a PLL system with a combined principle of operation), the parameters of its mathematical model are defined and calculated, and the actual improvement in its response time is quantised and assessed.

The results show that the response time decreased by a factor of 10 (fig.7/рис.7 Comparison of transient responses with and with out the differential link) with no change in the conditions of stability of the system. Thus, it can be concluded, that the introduction of the differential link does not affect system stability, and can be deployed with a wide range of varieties in its structure and characteristics, depending on the goal in mind.

УДК: 621.378/372

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ РЕАЛИЗАЦИИ И СЕЛЕКЦИИ ОРБИТАЛЬНЫХ УГЛОВЫХ МОМЕНТОВ ФОТОНОВ В ОПТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСИРОВАННЫХ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

Кузяков Б.А, Тихонов Р.В., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Относительную устойчивость оптического телекоммуникационного канала, можно повысить на основе использования орбитальных угловых моментов фотонов (ОАМ) [1, 2]. Среди методов создания УОМ можно выделить несколько наиболее перспективных.

1. В рассматриваемом методе генерации выбранных состояний ОАМ, используют нелинейное кольцевое кварцевое волокно и параметрическую конверсию «вниз» [3]. При создании термической нелинейности в кольцевом волокне с длиной ~ 1 м, реализована высокая квантовая эффективность процесса.

2. В методе электроконтроля состояний УОМ используют одноосный кристалл стронций-барий-ниобат (СБН), к которому прикладывается электрическое напряжение E^* и четвертьволновые пластины [4]. Возможности метода хорошо иллюстрирует рис. 1, на котором приведена зависимость состояний ОАМ, от приложенного напряжения на кристалл СБН, при размере сфокусированного Бессель - Гауссового пучка w_0 = 10 мкм. Из рис. 1 видно, что в рассматриваемой оптической системе могут формироваться разные состояния УОМ: от 0 до 1,8 при изменении напряжения E_0 в диапазоне: -1,6883 - + 4 кВ/мм.

3. В, недавно опубликованной работе [5], для выделения определенных мод ОАМ предлагается использовать интерференцию волн в многомодовом диэлектрическом прямоугольном волноводе. При многомодовой интерференции в волноводе реализуется эффект само-изображения выбранных мод. В некотором входном сечении волновода поле моды можно представить в виде: $f_0(x, y) = f_s(x)\, f_A(y)$ – симметричная вдоль горизонтальной оси и антисимметрична по вертикальной оси; а для поля четной моды: $f_e(x, y) = f_s(y)\, f_A(x)$ эти направления симметрии изменяются.

После прохождения вдоль (по горизонтальной оси) волновода расстояния

$L=3L_c/2$ от входного сечения волновода, при условии многомодовой интерференции, распределения полей мод изменяются и принимают следующий вид:

$$f_A^{1/3}(x, 3L_c/2)=(1/C)[f_A^{1/3}(x)\exp(j\pi/2)+f_A^{1/3}(W-x)], \quad (1)$$

$$f_s^{1/3}(x, 3L_c/2)=(1/C)[f_s^{1/3}(x)\exp(j\pi/2)+f_s^{1/3}(W-x)\exp(j\pi)] \quad (2)$$

Анализ выражений (1) и (2) показывает, что фазы сигналов сильно отличаются. Т.е. на расстоянии $L=3L_c/2$ от входного сечения волновода установились выбранные моды ОАМ. Этот эффект позволяет их надежно селектировать.

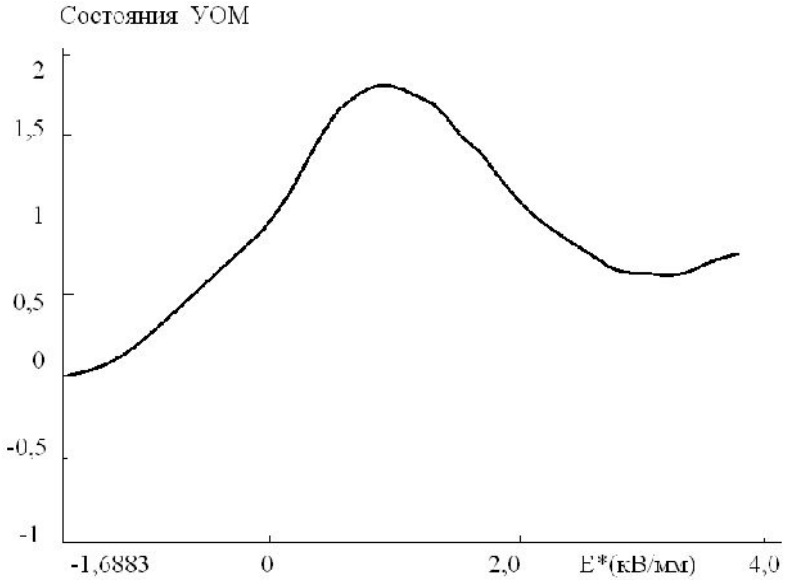


Рис. 1. Зависимость состояний УОМ от E^*

Таким образом, в рассмотренных методах могут быть реализованы различные состояния ОАМ для применения в многообразных оптических комбинированных линиях телекоммуникаций.

Библиографический список

1. Sanchez D.J., Oesch D.W. Localization of angular momentum in optical waves propagating through turbulence // Optics Express. – 2011, v. 19, Is. 25, p. 25388-25396.

2. Кузяков Б.А., Мораренко В.В., Шмелев В.А. Современные методы реализации и селекции орбитальных угловых моментов фотонов в оптических комбинированных линиях связи // Труды IV-й Международной конференции по фотонике и информационной оптике. М.: НИЯУ МИФИ. – 2015, с. 24 - 25.

3. Javurek D., Svozilik J., Perina Jr. J. Proposal for the generation of photon pairs with nonzero orbital angular momentum in a ring fiber // Optics Express. – 2014, v. 22, No. 19, p. 23743 – 23748.

4. Zhu Cr. W., She W. Electrically controlling spin and orbital angular momentum of a focused light beam in a uniaxial crystal // Optics Express. – 2012, v. 20, Is.23, p. 25876 - 25883.

5. Ma Z., Chen H., Wu K., Zhang Y., Chen Y., Yu S. Self-imaging of orbital angular momentum (OAM) modes in rectangular multimode interference waveguides // Optics Express. – 2015, v. 23, No. 4,5014 - 5026.

СЕКЦИЯ № 3. РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ И РАДИОНАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

УДК 621.396.967

НЕЛИНЕЙНАЯ РАДИОЧАСТОТНАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ В СИСТЕМАХ МОНИТОРИНГА

Антонов А.В., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

В статье рассмотрен метод и особенности применения нелинейных радиочастотных маркеров для задач поиска пострадавших под завалами и снежными лавинами. Показано, что данный способ поиска объектов обладает преимуществами по сравнению с другими.

Задача поиска пострадавших в результате техногенных и природных катаклизмов является достаточно актуальной. В последнее время проблема обнаружения объектов в укрывающих непрозрачных средах, в первую очередь пострадавших под завалами и лавинами, привлекает все большее внимание инженеров.

С недавнего времени для этих целей стали применяться системы радиочастотной идентификации (*RFID*, от ***R****adio* ***F****requency* ***ID****entification*). Некоторые горнолыжные курорты используют активные датчики RFID/

Поисковые приборы по физическому принципу применяемых методов лепятся на [1]:

- оптические;
- акустические;
- тепловизионные;
- радиолокационные;
- приборы, использующие химические анализаторы;
- биолокационные, основанные на психофизиологических и лептонных свойствах человеческого организма.

На сегодняшний день на оснащении поисково-спасательных формирований МЧС России находятся следующие приборы поиска пострадавших (на примере отряда Центроспас) :

- оптического поиска: волоконно-оптические поисковые приборы СВК-3, АРТ4-8; видеоэндоскопы ВЭ1А-10, ВД2-8; радиофицированная каска спасателя РКС-01; системы телевизионного поиска «Система–1К», «Система–1Р»;

- приборы ночного поиска: прибор ночного видения «Ворон», пассивные ночные очки ПН63;

- акустического (сейсмического) поиска: акустические приборы «Ис-

катель», «Пеленг 1», «Пеленг 1М», TPL 310B, TPL 310D MINI, АПП-1, виброфон ASB 8a;

- тепловизионного поиска: малогабаритный тепловизионный наблюдательный прибор ТПВ-1М1;

- радиолокационного поиска: прибор поиска по активным маркерам СМП-1А, прибор поиска по пассивным маркерам СМП-1П, радиолокационный обнаружитель пострадавших «Радар-01».

Рассмотрим методы радиолокационного поиска с использованием радиочастотных маркеров.

Различают три основных типа систем RFID с радиочастотными маркерами [2]:

1. Активный маркер. В маркере присутствует батарейка или аккумулятор для питания схемы метки и формирования сигнала по запросу.

2. Пассивный маркер. Маркер питается от энергии принятого радиосигнала и отражает сигнал считывателя, модулируя его.

3. Полуактивный (полупассивный) маркер. Использует батареку или аккумулятор для питания только микросхемы памяти. Так же как пассивный маркер отражает сигнал считывателя, модулируя его.

Набольшую дальность идентификации имеют активные маркеры, наименьшую имеют пассивные маркеры. Но активные маркеры, а так же полуактивные, имеют один значительный недостаток – встроенный источник питания, который имеет тенденцию к разряду. Можно понять использование активных маркеров на горнолыжных курортах, когда люди приезжают на одну-две недели и получают у администратора активный маркер, а при выезде его сдают. В данном случае администрация следит за источниками питания: заменят или подзаряжает.

Более сложная ситуация складывается, когда люди постоянно находятся в сейсмоопасной зоне. В данном случае совершенно невозможно предусмотреть замену батареек.

Выходом из данной ситуации является использование пассивных маркеров. Анализ существующих пассивных маркеров *RFID* показал, что наиболее подходит для таких случаев нелинейные маркеры.

Нелинейная локация широко используется для поиска скрытых радиоэлектронных схем, но использование для поисковых работ людей и объектов с нелинейными маркерами не достаточно широко применяются.

В основу нелинейной локации положен принцип формирования нелинейными элементами (а в радиоэлектронике это любой элемент, содержащий *p-n*-переход), формировать гармоники или субгармоники частоты облучающего зондирующего сигнала. Зондирующие сигналы обладают проникающей способностью через укрывающие среды (грунт, растительность, снег, воду), под которыми могут находиться объекты поиска.

Системы радиочастотной идентификации с нелинейными маркерами обладают неоспоримыми преимуществами перед другими типами систем RFID:

1. Низкая стоимость. Нелинейный маркер состоит из антенны и подключенного к ней нелинейного элемента, как правило, диода.

2. Высокая степень защиты от неблагоприятных условий внешней среды. Диод легче загерметизировать, чем целую плату.

3. Большая дальность обнаружения объекта. Нет необходимости тратить энергию на питания микросхем.

4. Быстрое обнаружение. Нет необходимости обрабатывать поступившую с маркера информацию.

5. Нет проблем с коллизией. Нелинейный локатор может одновременно обрабатывать информацию от нескольких маркеров.

6. Высокая адаптация к условиям поиска объекта. Есть возможность перестраивать запросную частоту, в зависимости от условий поиска.

7. Дешевый процесс проектирования и производства.

Библиографический список

1. Бугаев А.С.. Обнаружение и дистанционная диагностика состояния людей за препятствиями с помощью РЛС / А.С. Бугаев, И.А. Васильев, С.И. Ивашев и др.// М.: Радиотехника. – 2003. - №7. - с.42-47.

2. Агрба, Л.Ш. Нелинейные рассеиватели как средство маркировки объектов / Л.Ш. Агрба, Н.Ю. Бабанов, О.С. Бычков и др.//Нелинейный мир. – 2007. – т.5.- №7-8. – С.35-40.

3. Горбачев А. А., Данилов В. И., Чигин Е. П.. Васенков А. А. Об обнаружении нелинейных рассеивателей. - Радиотехника и электроника, 1996, т. 41, № 8, с. 951-953.

4. Легкий Н.М. Программно управляемые радиопередающее устройства для систем радиочастотной идентификации / Н.М.Легкий // Техника и технология. – 2010. – № 3. – С. 15-18.

УДК 629.072 : 004.056.5

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ В СИСТЕМАХ GPS/ГЛОНАСС

Баранников А.И., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

На данном этапе развития мировой экономики автомобильный транспорт для большинства стран является основным видом внутреннего транспорта и ключевым элементом транспортной системы.

Процесс автомобилизации нашей страны не должен ограничиваться только увеличением парка автомобилей, он так же вызывает необходимость решения ряда вопросов, направленных на дальнейшее повышение эффективности эксплуатации, безопасности дорожного движения и безопасности самого ТС.

В настоящее время появились новые, современные возможности контролировать и планировать деятельность автотранспортных предприятий, доступные широкому кругу пользователей автоматизированные системы мониторинга автотранспорта способны обеспечить выполнение самых разных задач в режиме реального времени. Это подтверждает внедрение системы ЭРА-ГЛОНАСС — первой в мире государственной системы обеспечения безопасности на автомобильном транспорте с применением современных технологий: спутниковой навигации, беспроводной связи, микроэлектроники, автомобилестроения. Система активируется автоматически в случае тяжелого ДТП, если срабатывает подушка безопасности, или датчики ускорения показывают большую перегрузку. Информация о происшествии поступает в контакт-центры системы, операторы которых связываются с автомобилистом для прояснения ситуации, а затем передают данные в систему 112, которая обеспечивает реагирование МВД, МЧС и скорой помощи.

Управление транспортом в режиме онлайн, дает уникальную возможность всегда иметь точную и достоверную информацию о реальном местоположении и маршрутах движения транспорта. Появляется возможность сверить маршрутные листы с реальным маршрутом отображаемым на географической карте, с отчетом на котором перечислены точки маршрута, либо с полным списком пройденных адресов. Можно легко сделать выводы о нецелевом использовании транспортных средств, принадлежащих компании (доставка "левых" грузов, отклонение от маршрутов, использование служебного транспорта в личных целях), или о кражах и повреждении груза, топлива.

За последние годы была проведена большая работа по формированию нормативно-правовой и технологической базы для развития рынка навигационно-телематических услуг в РФ, в котором принимает активное участие ряд федеральных министерств и ведомств (Минобороны, Минтранс, Роскосмос, МВД и др.). Однако нигде не рассматривается тот факт, что программы внедрения данных услуг во все сферы экономической и оборонной деятельности страны влекут за собой огромную угрозу национальной и коммерческой безопасности с той точки зрения, что системы мониторинга транспорта является по своей сути системой двойного назначения с двухсторонним каналом управления контролируемых объектов. Это означает, что имеется техническая возможность осуществления

следующих действий со стороны третьих лиц:

- перехват информации, несанкционированный контроль за объектом мониторинга;
- внесение искажений в информационные потоки систем мониторинга и контроля;
- перехват команд управления с возможностью дистанционного блокирования работы двигателей автотранспортных средств и исполнительных устройств на них;
- организации несанкционированного аудио-(видео) контроля салона автотранспортного средства находящегося в системе;
- организации утечки персональных данных пользователей системы;
- организации утечки за пределы РФ всех данных клиентов, а также маршрутов и графиков их передвижения.

Все эти факторы в совокупности показывают высокую уязвимость системы к деструктивному воздействию со стороны заинтересованных лиц.

Анализируя приказ Минтранса РФ от 27.07.2012 № 285 выявлено отсутствие требований по защите от атак на GPS/ГЛОНАСС и GSM. В связи с отсутствием требований в законодательстве и отсутствием мер по защите от данных атак в действующих системах мониторинга транспортных средств с использованием спутниковых радионавигационных систем в ходе анализа модели угроз были выявлены следующие актуальные угрозы:

- Угрозы, осуществляемые с использованием протоколов межсетевого взаимодействия между БК и ДЦ
- Угрозы, осуществляемые с использованием протоколов межсетевого взаимодействия глобальных спутниковых навигационных систем

Приведенные угрозы безопасности имеют высокую степень опасности и высокую вероятность реализации. В связи с этим стоит поговорить о безопасности GPS/ГЛОНАСС и/или GSM.

Рассмотрим некоторые модели угроз.

1. Угрозы, осуществляемые при непосредственном физическом доступе к техническим средствам информационных систем персональных данных.

Угроза возникает из-за возможности изменить или уничтожить информацию или заблокировать к ней доступ.

2. Модификация или нарушение работоспособности технических средств из состава системы мониторинга.

Угроза возникает из-за возможности модифицировать или деструктивно воздействовать на технические средства системы.

3. Внедрение вредоносного программного обеспечения.

Угроза возникает из-за умышленного внедрения вредоносного ПО в систему при непосредственном доступе к системе.

4. Вывод технологической информации на неучтенные внешние носители.

Угроза возникает из-за возможности выведения технологической информацию на неучтенные внешние носители с целью ее дальнейшего анализа и создания атак.

5. Модификация или нарушение работоспособности программных средств системы.

Угроза возникает из-за возможности повлиять на работоспособность или деструктивно воздействовать на программные системы.

6. Модификация или удаление ведущихся в электронном виде регистрационных протоколов, журналов, лог-файлов.

Угроза возникает из-за возможности физического доступа к системе, при этом может осуществляться модификация или удаление ведущихся в электронном виде регистрационных протоколов, журналов, лог-файлов.

7. Утечка конфиденциальной информации через порты ввода/вывода.

Угроза возникает из-за возможности получить доступ к конфиденциальной информации, осуществив ее несанкционированное копирование через порты ввода-вывода.

8. Анализ сетевого трафика с перехватом передаваемой и принимаемой информации в/из внешних сетей.

Угроза возникает из-за возможности перехватить поток данных, передаваемых или принимаемых данных для извлечения и подмены передаваемой информации.

9. Получение доступа (проникновение) в операционную среду автоматизированных рабочих мест или серверов с использованием штатного программного обеспечения и протоколов сетевого взаимодействия (средств операционной системы или прикладных программ общего пользования).

Угроза возникает из-за возможности получить доступ к серверам с использованием уязвимостей штатного программного обеспечения или протоколов сетевого взаимодействия.

10. Отказ в обслуживании.

Угроза возникает при условии, в которых обрабатывающий центр перестает обрабатывать поступающие от объекта данные.

11. Выявление паролей администраторов.

Угроза возникает при условии утечки информацию, с помощью которой в системе аутентифицируются администраторы.

12. Выявление паролей операторов.

Угроза возникает при условии утечки информацию, с помощью которой в системе аутентифицируются администраторы операторы.

13. Сканирование, направленное на выявление типа или типов используемых операционных систем, сетевых адресов рабочих станций ССУНТС, топологии сети, открытых портов и служб, открытых соединений и др.

Угроза возникает при условии получения доступа к информации об архитектуре сети системы и другую информацию, необходимую для дальнейшего проведения атак.

В данной работе проанализированы возможные угрозы системам мониторинга транспортных средств на базе спутниковых радионавигационных систем, составлена модель угроз системе, представлены методы выявления атак на глобальные навигационные системы, выбран оптимальный физический канал связи и представлены возможные угрозы методы противодействия им.

В результате анализа могут быть разработаны:

- Набор требований по безопасности, предъявляемых к системам сопровождения и управления наземным транспортом.
- Проект защищенной системы сопровождения и управления наземным транспортом.
- Макет защищенной системы сопровождения и управления наземным транспортом.

Библиографический список

1. Грунтович М. М., Семкин С. Н. Криптографическая защита в системе сопровождения и управления наземными транспортными средствами. Журнала «Безопасность информационных технологий» № 2012, №1.

2. Бабков В.Ю. Сотовые системы мобильной радиосвязи. (2-е изд.перер. и доп.).

3. Базовая модель угроз безопасности персональных данных при их обработке в информационных системах персональных данных (выписка). ФСТЭК России, 2008 год.

УДК 65.011.56

ТЕХНОЛОГИИ RFID В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМАХ

Ермаков К.В., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Показана роль автоматизированной интегрированной системы оперативного управления производством с интегрированной технологией радиочастотной идентификации. Рассмотрено соответствие современного

состояния информационных технологий в отечественной промышленности тенденциям развития автоматизации управления производством.

Промышленное производство в современных социально-экономических условиях характеризуется высокой сложностью выпускаемой продукции благодаря согласованной работе многих подразделений. Процессы управления производством на промышленном предприятии немыслимы без применения автоматизированных систем. Бурное развитие информационных технологий способствовало созданию методов и структур, позволяющих коренным образом перестроить производственный процесс.

Основной проблемой становится проблема повышения конкурентоспособности продукции, которая достигается за счет сокращения сроков создания изделия, снижения затрат на изготовление и эксплуатацию. Те производители получат конкурентное преимущество, которые смогут предлагать продукцию, постоянно опережая ожидания покупателей и быстро адаптируясь к изменению их потребностей и предпочтений. Задачи повышения конкурентоспособности решаются через улучшение качества труда и продукции, что приводит к увеличению числа квалифицированных работников, углублению функциональной специализации и усложнению бизнес-процессов. Эффективность оперативного управления производством становится одним из решающих факторов обеспечения конкурентного преимущества производителя. Обеспечение эффективного оперативного управления производством, интеграция его в систему стратегического управления реализуется посредством формирования автоматизированной интегрированной системы управления предприятием (АИСУП) (рис. 1), связывающей коммуникационными каналами все уровни управления.

При интеграции автоматизированных систем управления производством в общую автоматизированную систему управления предприятием (АСУП) возникает проблема сопоставления данных ввиду того, что изначально различные системы функционировали (а на ряде предприятий и до сих пор функционируют) независимо друг от друга. Процесс передачи данных осуществляется вручную, что приводит к дублированию информации, ошибкам, увеличению длительности производственного цикла. Функционирование ERP-систем не обеспечивает решение задач подготовки и оперативного управления производством. Именно в этом, неохваченном уровне оперативного управления производством находится целый класс жизненно важных для предприятия производственных процессов, создающих прибавочную стоимость продукции и оказывающих существенное влияние на эффективность работы предприятия в целом.

Причинами, мешающими внедрению современных автоматизированных технологий производства в России являются:

− недостаточная автоматизация хозяйственной, производственной и коммерческой деятельности;

− отсутствие полномасштабной отечественной нормативной базы проектирования, производства, испытаний изделий;

− слабое понимание преимуществ и потенциального эффекта автоматизации управления производством;

− недостаточная численность квалифицированных специалистов;

− отсутствие государственной поддержки;

− высокая стоимость и, как следствие, практическая недоступность новых информационных технологий для промышленных предприятий;

− существенные отличия национальных и отраслевых стандартов от мировых;

− отсутствие эффективных способов стимулирования и мотивации персонала на совершенствование бизнес-процессов.

Отдельной проблемой является отсутствие единой концепции маркировки продукции для задач автоматизации производственной и транспортной логистики. На сегодняшний день не многие предприятия имеют терминалы на отдельных технологических участках для автоматизированного ввода информации об изделии или комплектующих. Чаще используются технологии штрихового кодирования, реже технология RFID. Последняя является наиболее интересной и перспективной, позволяющей в автоматизированном режиме отслеживать не только местоположение изделий на производстве, но иметь оперативную информацию, записанную в самой метке RFID. Но отсутствие понимания в работе системы RFID, и, что скрывать, относительной дороговизной оборудования, являются сдерживающим фактором при внедрении инновационных технологий маркировки.

Для решения организационных указанных проблем отечественным предприятиям можно воспользоваться технологией «плавающих» лицензий – временного использования программного обеспечения и системных интеграторов – реализация ИТ-проектов совместно со службами предприятий.

Однако, ключевым фактором успеха в реализации проекта автоматизации управления производством становится понимание руководством предприятия места и роли автоматизированных информационных технологий в обеспечении эффективности производственного менеджмента. В случае отсутствия такого понимания никакие действия по внедрению информационных технологий в производство не принесут успеха.

Таким образом, при организации взаимодействия подразделений промышленного предприятия при производстве конкурентоспособной продукции, автоматизированная система оперативного управления производством становится одним из ключевым факторов повышения конкурентоспособности предприятия.

Библиографический список

1. Де Роза К. Эволюция развития информационных систем / К. Де Роза. – URL: http://www.interface.ru/fset.asp?Url=/mrp/csrp.htm

2. Информационная поддержка жизненного цикла изделий машиностроения: принципы, системы и технологии CALS: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / А.Н. Ковшов, Ю.Ф. Назаров, И.М. Ибрагимов, А.Д. Никифоров. – М.: Академия, 2007. – 304 с.

3. Кульга К. Особенности внедрения на предприятиях и методы интеграции CAD/CAM/PDM/FRP/MRP/MES/PLM- и ERP-систем //САПР и графика. – 2008. – № 3

УДК 629.072 :681.31

СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТОВ

Зенин И.Ю., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

В работе рассматриваются модели систем контроля перемещения подвижных объектов на основе использования спутниковых радионавигационных систем и особенности их применения на транспорте. Рассмотрены характеристики некоторых серийно выпускаемых систем.

В связи с массовым распространением и удешевлением приемников спутниковых навигационных сигналов их начали активно внедрять для слежения за транспортом. С момента своего появления системы мониторинга транспорта прошли путь от примитивных и ненадежных устройств, передававших информацию по запросу в коротких текстовых сообщениях или с помощью CSD-соединения, до сложных программно-аппаратных комплексов, максимально автоматизированных и использующих последние достижения микроэлектроники, техники, прикладной математики. Двухсистемный спутниковый ГЛОНАСС/GPS-приемник позволяет точно определить местоположение ТС, а при наличии соответствующих возможностей используемого оборудования — подробно расскажет о том, как именно автомобиль (или другая транспортная техника) использовался. При современном покрытии и стоимости услуг GSM-операторов можно организовать качественный и недорогой контроль практически в реальном масштабе времени.

Несмотря на все очевидные преимущества, рынок спутникового мониторинга еще очень далек от насыщения. Степень оснащенности систе-

мами отслеживания подвижных объектов в России составляет 5–10% всего парка коммерческого транспорта. При общем размере парка примерно в 10 млн. автомобилей, оснащено различными устройствами всего 0,5–1 млн. Причем среди них значительную долю составляют устаревшие устройства оффлайнового (послерейсового) контроля. Основных преград для внедрения подобных систем, как правило, две. Первая — непонимание предназначения системы и потенциального экономического эффекта от ее внедрения. Средний срок окупаемости внедренной системы составляет от 50 дней до 1 года, в зависимости от специфики работы компании. Тем не менее, многие руководители считают стоимость оборудования, составляющую менее 1% от стоимости самой техники, слишком высокой. Вторая причина, весомая в российских реалиях, — противодействие внедрению персонала компании, причем не только рядовых водителей и техников, но и сотрудников уровня начальников автотранспортных предприятий и главных механиков. Для многих из них значительную часть дохода составляет «подработка», возможность которой при достаточном контроле со стороны руководства предприятия утрачивается.

Вообще, для России (и, видимо, для большинства развивающихся стран) характерны другие требования к системам мониторинга транспорта, нежели предъявляемые в развитых странах. В Европе одной из основных задач, помимо оптимизации работы диспетчеров и логистов, является повышение эффективности расхода топлива за счет контроля стиля вождения конкретного водителя (что, по данным Squarell [1], дает экономию топлива 6–16%). В нашей стране, особенно для небольших компаний, решение проблем с хищением ГСМ и «левыми» рейсами позволяет экономить до 40% на содержании автопарка.

Эффективность системы мониторинга, ее надежность, функциональность и затраты на содержание во многом зависят от используемого интегратором терминального оборудования. Современный ГЛОНАСС/GPS-модуль позволяет точно фиксировать координаты в любых условиях. Двухсистемный приемник дает возможность поддерживать прием сигнала от достаточного количества спутников даже в сложных условиях городской застройки, леса, радиопомех и даже под крышей одноэтажных зданий. Трекер оснащен четырьмя дискретными входами, четырьмя выходами, тремя аналоговыми входами. Для подключения периферийных устройств предусмотрен интерфейс RS-232. При необходимости контроля уровня топлива с использованием нескольких датчиков данный интерфейс при помощи платы расширения превращается в два RS-232 и один RS-485, поддерживающие общепринятый протокол LLS. Кроме того, используется интерфейс 1-Wire для идентификации водителя на основе iButton, а также подключения точных цифровых температурных датчиков Dallas DS18S20.

Для сохранения работоспособности трекера в условиях отсутствия сигнала GMS-сети устройство снабжено «черным ящиком», ПЗУ на 8000 точек (с возможностью расширения до 64000), объема которого хватает на неделю работы устройства в режиме записи вне покрытия GSM-сети. Считывание «черного ящика» возможно как автоматически, при появлении GSM-сигнала, так и вручную, с помощью подключения кабеля. Запись координат и скорости перемещения происходит с некоторым временным интервалом. Чем меньше этот интервал, тем больше точек записывает прибор и тем точнее отображается на карте маршрут перемещения и рассчитывается пройденный путь и второстепенные параметры. С другой стороны, пропорционально количеству точек растет потребление GPRS-трафика, что в случае с большим количеством транспортных средств в автопарке приводит к существенным затратам. При большом временном интервале снижаются расходы на трафик, но падает качество определения пройденного пути и его прорисовка. Практически все GPS-терминалы китайского производства, представленные на российском рынке, а также многие российские трекеры имеют возможность только фиксировано задать этот временной интервал. В некоторых же наиболее прогрессивных приборах используется параметрическое изменение интервала в зависимости от режима движения. В терминалах Novacom используется алгоритм «интеллектуальный трекинг», реализующий зависимость частоты записи точек от времени, скорости и направления движения. Использование этого алгоритма снижает потребление трафика на 80–90% по сравнению с трекером с фиксированным интервалом записи, при сохранении детализации трека.

Другим инструментом экономии трафика является гибкая настройка параметров соединения с сервером, позволяющая при небольшой частоте записи точек поддерживать постоянно активную GPRS-сессию, не теряя трафик на интервалах тарификации сотового оператора.

В условиях активного лоббирования системы ГЛОНАСС и совместимого с ней оборудования GNS-GLONASS является удачным решением для компаний с государственным участием либо работающих в регулируемой государством сфере, например в пассажирских перевозках, перевозках опасных и крупногабаритных грузов. Большинство производителей AVL-устройств в качестве варианта ГЛОНАСС-приемника предлагают приставку к базовому блоку с GPS-модулем. Такое решение предполагает дублирование функций терминала, установку дополнительного габаритного прибора, дорого в осуществлении. Крупнейшие иностранные производители пока не предлагают решения с ГЛОНАСС-приемником вовсе. В этом ключе очень удачным выглядит терминал от Novacom, построенный на платформе полностью отработанного GPS-устройства. Терминал GNS-TRACK является полным аналогом GNS-GLONASS по конструкции и функционалу, за ис-

ключением того, что вместо двухсистемного модуля в нем используется GPS-модуль TranSystem EB-230 на базе 32-канального чипа MTK. GNS-Track полностью совместим с GNS-GLONASS, имеет тот же набор физических интерфейсов и в данный момент является наиболее популярным среди клиентов компании Global Position. В настоящее время идет активная переориентация новых заказчиков на ГЛОНАСС-устройства, при этом за счет полной совместимости возможна замена GPS-терминала на двухсистемный ГЛОНАСС/GPS без дополнительных доработок и настроек. Часто для решения задач мониторинга автопарка конкретного предприятия отсутствует необходимость в считывании большого количества параметров. Также актуальна задача контроля арендованного транспорта, на который невозможно установить терминал фиксированно. Для таких целей используются упрощенные версии трекеров, ограниченные в возможностях подключения к бортовому оборудованию и выполняющие, по сути, только функции определения координат и скорости, или даже персональные трекеры. Персональные устройства, однако, оптимизированы для пешеходов и плохо подходят для автомобильных применений. В них, как правило, отсутствует интеллектуальный трекинг, малый объем памяти, нет входов и выходов. Терминал GNS-miniTrack представляет собой версию GNS-TRACK с урезанной функциональностью и в малогабаритном моноблочном исполнении. GNS-MiniTrack имеет встроенные GPS/GSM-антенны, возможности подключения ограничены одним дискретным входом и одним дискретным выходом, а сервисный разъем спрятан внутри корпуса. Отсутствие интерфейсов является единственным ограничением, основные функции полностью сохранены. Еще одним исполнением GNS-miniTrack является вариант с разъемом «прикуриватель», который можно использовать для мониторинга арендованного и временного автопарка. В таком варианте трекер имеет мобильность персонального трекера, сохраняя все преимущества автомобильного, такие как качество приема GPS и богатый функционал.

Необходимая функциональность системы мониторинга определяется конкретными задачами, поставленными перед ней с целью оптимизации использования конкретного автопарка. Часто информация о местоположении и скорости является недостаточной. Среди других параметров, контролируемых AVL-терминалом, можно выделить следующие:

• Контроль ГСМ. Существует два способа контролировать расход топлива транспортом при помощи расходомера, подсчитывающего количество непосредственно потребленного двигателем топлива, или при помощи датчика уровня топлива, измеряющего его количество в баке. Второй путь предпочтительнее, он не требует переделки топливной системы двигателя, точно определяет время и объем заправок и сливов, достаточно точно рассчитывает средний расход. Современные емкостные датчики

уровня топлива имеют погрешность измерения меньше 1% от объема бака, что в несколько раз точнее, чем штатные резистивные датчики.

• Контроль температуры. Измерение температуры имеет два ключевых назначения. Первое — контроль температурного режима работы двигателя, второе — контроль температурного режима в холодильной камере рефрижератора. Кроме случаев неисправности холодильного оборудования, нередки случаи, когда водитель сознательно отключает рефрижераторную установку для экономии дизельного топлива. В обоих случаях наличие температурного датчика позволяет вовремя предупредить серьезные проблемы и разрешить возможные конфликтные ситуации между диспетчером и водителем. Температура измеряется подключенным к терминалу аналоговым либо цифровым датчиком. В последнее время применяются в основном цифровые датчики компании Dallas Semiconductor, использующие интерфейс 1-Wire. Это предъявляет повышенные требования к функциональности терминала и к квалификации разработчиков системы, зато их показания точнее и стабильнее, чем у аналоговых.

• Контроль работы механизмов. Данное направление включает в себя определение режимов работы различного оборудования — кранов, отвалов, насосов, конвейеров и т. п. Для этого используются как механические концевые выключатели, так и подключение к управляющим цепям механизмов либо специализированные бесконтактные индуктивные или магнитные датчики, фиксирующие факт движения. Целью таких устройств является контроль соблюдения технологии проведения строительных и ремонтных работ, определение простоев техники в рабочее время, исключение возможности нецелевого использования.

• Подсчет количества перевезенных пассажиров. Задача подсчета пассажиропотока важна в сфере коммерческих перевозок, где зачастую используется «план» по дневной выручке контролера. Обоснованное определение такого плана невозможно на основании одногодвух проездов контролеров по маршруту. Автоматизированный подсчет позволяет легко корректировать этот план, а также получать важные для управления перевозками данные о распределении пассажиропотока по времени суток и дням недели. К сожалению, точного и надежного решения, способного работать в любом режиме, для данной задачи не существует. Как правило, для подсчета используются инфракрасные датчики, устанавливаемые над дверным проемом. Такое оборудование дает точность подсчета порядка 5–10%.

Особняком стоит получение данных со штатных бортовых компьютеров. Из информации, передаваемой по шине CAN, можно извлечь значительное количество важных параметров — это информация о пробеге, количестве потребленного и имеющегося топлива, нагрузке на ось, состоянии агрегатов, стиле вождения водителя. Однако подключение к шине

CAN сопряжено с техническими трудностями и риском повредить штатное оборудование автомобиля. Европейскими производителями грузовиков принят стандарт FMS, подразумевающий безопасное подключение телематических устройств к бортовой шине CAN через специализированный FMS-адаптер. Чаще всего такой адаптер отсутствует в комплектации автомобиля, а его установка стоит в несколько раз дороже самого терминала для мониторинга. Подключение же терминала напрямую к шине CAN запрещено европейской ассоциацией производителей автомобилей (ACEA) ввиду возможного создания помех работе штатного оборудования.Для получения информации с шины CAN компания Global Position использует специализированное оборудование Squarell, заменяющее штатный FMS-интерфейс, имеющее выгодную цену и более удобное в использовании. Кроме того, функциональность интерфейса расширена по сравнению с возможностями штатного, количество получаемых параметров увеличено, есть возможность считывания информации с шин J1708 и K-line. Последняя разработка компании Squarell, бесконтактный считыватель CANcliQ (рис. 8), позволяет считывать информацию без физического контакта с CAN-шиной, что исключает нанесение вреда оборудованию автомобиля и проблемы с гарантийным обслуживанием.

Библиографический список

1. Сайт http://monitor-gps.ru/sma/

2. Легкий Н.М. Управление перевозочным процессом на основе информации о местоположении транспортного средства // Наука и техника транспорта, 2009, № 3, с.38-40.

3. Adrados C Global Positioning System (GPS) location accuracy improvement due to Selective Availability removal // ComptesRendusBiologies. - Elsevier. – 2002. - Volume 325.-№2, P. 165-170.

УДК 621.396.967:681.31

РАДИОЧАСТОТНАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ В ТРАНСПОРТНЫХ ПРИЛОЖЕНИЯХ

Легкий Н.М., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Радиочастотная идентификация (РЧИ или RFID – **R**adio **F**requency **ID**entification), как самостоятельная, бурно развивающаяся в последние годы, отрасль Hi-Tech индустрии имеет все шансы занять лидирующие положений на рынке идентификации. По сравнению с другими методами идентификации

(оптическими, звуковыми и т.д.), РЧИ имеет ряд преимуществ, которых не имеют другие. Системы РЧИ хорошо автоматизируются и обеспечивают высокую вероятность (до 0,999999) считывания кодов практически в любых условиях: в темноте, при дожде, на скоростях. Разместить электронные метки можно скрытно, под любой радиопрозрачной поверхностью. Сегодня области применения систем РЧИ огромны: от организации документооборота и сборочных промышленных технологий до создания глобальных сетей логистики и контроля за транспортными потоками в реальном масштабе времени.

Система РЧИ состоит из трех основных частей:

- электронных радиочастотных меток (tag, transponder) с уникальными кодами и которые устанавливаются на объектах, подлежащих идентификации: деталях, пластиковых карточках, контейнерах, транспортных средствах и т.д.;

- считывателя (reader), который является приемопередающей антенной системой;

- устройства обработки данных, которое может представлять собой как простую микропроцессорную плату для ручных считывателей, так и глобальную телекоммуникационную сеть, как, например, у российских железных дорог.

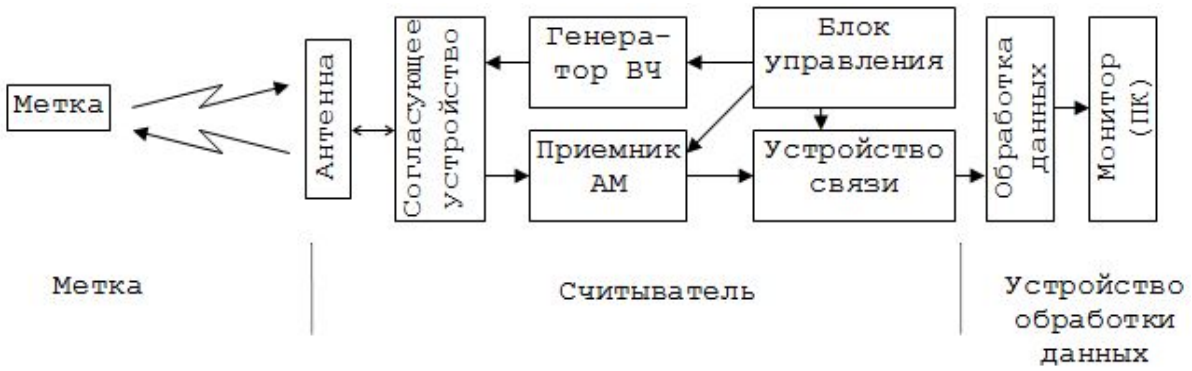


Рис 1 Система радиочастотной идентификации

С унификации систем РЧИ различных производителей был выпущен ГОСТ[1], в соответствии с которым развитие систем РЧИ предполагается в следующих частотных диапазонах (Табл.1).

Наибольшее развитие сегодня получили диапазоны 13.56 МГц и 860-960 МГц. Достаточно быстрыми темпами развиваются диапазоны 2.45 и 5.8 ГГц.

На сегодняшний день системы РЧИ не имеют конкурентов среди других методов идентификации. Системы РЧИ работают при любой погоде в любых климатических условиях на больших скоростях и при этом вероятность ложного считывания достигает 10^{-6}.

Физика процесса.

Различают два класса систем радиочастотной идентификации:

- с магнитной связью;
- с микроволновой (радиоволновой) связью.

Системы частотных диапазонов ниже 27 МГц используют магнитную связь считывателя с радиочастотной меткой. Такие системы характеризуются низкой стоимостью, небольшой скоростью передачи данных и работоспособностью только на близких расстояниях (как правило, до 10 см). Две последние характеристики значительно ограничивают их область использования. При разработке специальных технических решений можно увеличить дальность считывания до 1 метра.

Системы частотных диапазонов 433 МГц и выше работают на принципах радиолокации. Несмотря на относительно высокую стоимость, как считывателей, так и радиочастотных меток, системы получили в последние годы достаточно сильный толчок за счет развития цифровой элементной базы со сверхмалым потреблением энергии. Большие объемы хранимой в радиочастотных метках информации, высокая скорость ее передачи, дальность считывания до десятков метров у пассивных и до нескольких сот метров у активных радиочастотных меток сделали их основными в транспортных приложениях. Например, система радиочастотной идентификации транспортных средств [2], используемой на российской железной дороге и работающей в частотном диапазоне 860-870 МГц, позволяет считывать и обрабатывать в реальном масштабе времени 128-битную информацию радиочастотных меток на скоростях до 200 км в час.

Системы безопасности и контроллинга для автотранспорта.

На автотранспорте РЧИ используется как простое и надежное устройство системы ограничения доступа и учета движения автомобилей в системах безопасности и контроля на автотрассах, в автопарках, на автобазах и служебных парковках. В зависимости от условий применения могут использоваться системы РЧИ различных классов и типов, обеспечивающих распознавание радиочастотной метки на расстояниях от нескольких сантиметров до нескольких метров, при этом совершенно нет необходимости ее доставать и предъявлять.

В зависимости от построения системы РЧИ, радиочастотная метка может крепится на внутренней стороне ветрового стекла автомобиля в верхнем или нижнем углу, на кабину или кузов сверху, на днище автомобиля. Для надежного крепления могут быть использованы как различные клеи, так заклепки и болты. Радиочастотная метка может быть легко замаскирована под талон технического осмотра транспорта или закреплена скрытно от водителя.

В приложениях, когда скорость транспортного средства не велика: при въезде на автостоянки, склады и гаражи, наибольшее развитие получили системы РЧИ диапазона 13,56 МГц. Круг решаемых задач достаточно широк.

При въезде или выезде с контролируемой территории, радиочастотная метка, установленная на автомобиле, попадая в зону облучения считывателя, который, как правило, устанавливается в зоне шлагбаума или ворот, переизлучает электромагнитный сигнал, который содержит персональный код данного автомобиля. После приема сигнала с радиочастотной метки, считыватель декодирует и направляет полученный код на устройство обработки данных, которое сравнивает его с записанными кодами. Соответствующее программное обеспечение позволяет автоматически проконтролировать время пребывания на территории, зафиксировать время въезда и выезда, снять с карточки деньги за пользование автостоянкой, обеспечить безопасность автотранспорта при попытке несанкционированного использования, открыть или, наоборот заблокировать, шлагбаум или ворота. Низкая переизлучаемая мощность радиочастотной метки практически не позволяет, в отличии от радиопередатчиков, на расстоянии «украсть» код.

Там где скорость автотранспорта велика, например, на автомагистралях, используются системы РЧИ диапазонов 900 МГц и выше. Высокочастотные приемопередающие антенны в данных случаях располагают на уровне земли или на мачтах. В первом случае облучается днище автомобиля и расположенные на нем радиочастотные датчики, которые могут быть замаскированы и покрыты грунтовкой. Во втором случае облучаются крыши кабин и кузовов. По данным, получаемым со считывателя можно идентифицировать авто, определять скорость движения, искать угнанные автомобили. Особенно такие системы актуальны для платных дорог. Это своего рода электронный пропуск, который позволит значительно сократить время оплаты и проезда автоматизированных контрольных пунктов.

РЧИ может использоваться для систем, обеспечивающих сохранность автотранспорта. Имея в кармане карточку или брелок с радиочастотной меткой и приблизившись к двери водителя можно снять с охраны автомобиль. Так же система безопасности, не найдя определенной карточки в салоне, заблокирует двигатель, если Вы по какой-то причине покинули авто.

Применение для РЖД.

В настоящее время на железных дорогах России идет интенсивное внедрение системы автоматической идентификации (САИ) транспортных средств. Система работает в диапазоне 865-867 МГц.

Базовой для САИ является задача непрерывного мониторинга дислокации локомотивов и вагонов на элементах сети железных дорог. Основу системы составляют радиочастотные метки и радиочастотные пункты считывания (ПСЧ).

Радиочастотные метки - кодовые бортовые датчики (КБД) содержат уникальную информацию о транспортном средстве: номер, владелец и некоторую другую. КБД пассивные (без источника питания), устанавлива-

ются на корпуса вагонов и локомотивов, устойчиво считываются на расстояниях до 10 метров во всем диапазоне скоростей подвижного состава РЖД. С момента запуска программы выпущено более 800 000 радиочастотных меток и со временем весь железнодорожный парк России, стран СНГ и Балтии должен будет оснащен данными датчиками.

Пункты считывания объединены в единую сеть передачи данных.

Количество ПСЧ и их размещение должны обеспечивать слежение за переходом подвижного состава по всем без исключения пунктам входа и выхода выделяемых объектов: пограничные переходы, границы дорог, всех станций: сортировочной, участковой, грузовой. Вся информация стекается в главный вычислительный центр (ГВЦ) РЖД.

Полученные данные могут использоваться для широкого круга задач: начиная от контроля по минутам прохождения каждого вагона точек контроля до решения вопросов транспортной безопасности, например, несанкционированного вскрытия вагонов на станциях, пропажи вагона или температурного контроля букс во время движения. Структура САИ и собираемая информация позволяет значительно минимизировать затраты на решаемые задачи: управление движением, грузовой работой, вагонным парком, сервисным обслуживанием железнодорожного транспорта и др. По состоянию на середину 2005 года введено в эксплуатацию более 1000 пунктов считывания.

Выводы

Радиочастотная идентификация – одно из перспективных направлений развития телекоммуникационных технологий. Радиочастотные метки, имеющие срок эксплуатации 10 и более лет, не требуют ни обслуживания, ни замены источников питания, могут устанавливаться скрытно под любыми радиопрозрачными материалами. Их практически невозможно подделать и идентифицировать без специального оборудования. При этом мощность, излучаемая приемопередающей антенной считывателя не превышает мощности сотового телефона.

Разработка единого стандарта в России по формату передаваемых данных и по месту установки позволило бы решить часть задач по поиску украденных автомобилей и повышению безопасности движения.

Интеграция систем радиочастотной идентификации в единое информационное пространство, создание локальных, региональный и зональных систем позволит создать структуру, обеспечивающее непрерывный, в режиме реального времени, автоматизированный мониторинг транспортных средств и грузов, начиная с пограничных пунктов и таможенных постов до складов, автопарков и постов ГАИ.

Библиографический список

1. ISO/IEC 18000
2. «Пальма» — система автоматической идентификации транспортных средств / Белов В. В., Буянов В. А., Рабинович М. Д., Дудкин В. Ф., Мильготин Б. В., Легкий Н. М., Котлецов Д. С. // Железнодорожный транспорт. 2002. № 8. с. 54-59.
3. Патент РФ 2222030 Кл. G 01 S 13 /80, Система идентификации объектов./ Рабинович М.Д., Белов В.В., Березина И.Е., Дудкин В.Ф., Легкий Н.М., Опубл. 20.01.2004г., Бюл.№ 2

УДК 621.396.967: 004.056.5

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПЕРЕДАЧЕ ИНФОРМАЦИИ В RFID-СИСТЕМАХ

Рыбин М.А., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Радиочастотные маркеры RFID все шире применяются в различных областях промышленности: логистике, автоматических системах управления, системах доступа, платежных системах и т.д. Так растет количество технических предложений и технологий, пытающихся дискредитировать положительные особенности новых информационных технологий.

В США на международной конференции было анонсирован прибор, предназначенный для “обеспечения RFID безопасности и управления вопросами секретности” (http://guardianrfid.com/). Прибор может обнаруживать расположенные поблизости RFID-маркеры и считывающие устройства, ставить радиопомехи окружающим RFID-маркерам, препятствуя считыванию их данных, имитировать другие маркеры и передавать их показания на считывающее устройство. В результате действий прибора считывающее устройство «видит» поблизости только имитируемые RFID-маркеры и никаких других.

Последствия массового внедрения таких контр-технологий могут быть угрожающими, поскольку в этом случае полезные свойства RFID-маркеров, используемые в логистике, для борьбы с воровством и для безопасности, сводятся к нулю. Интересно отметить, что на той же самой конференции госчиновники министерства торговли США докладывали о планах применения RFID-маркеров для обеспечения сохранности секретных государственных документов.

Разработчики прибора уверены, что любое устройство может приме-

няться двояко, поэтому индустрия RFID-маркеров должна быть осведомлена о потенциальной угрозе для принятия своевременных мер противодействия. По планам разработчиков серийная модель прибора должна будет иметь размеры сотового телефона. Кроме эмулирования нужной RFID-обстановки, прибор сообщает его хозяину о наличии вокруг RFID-маркеров и соответствующих устройств считывания. Собственно, перечисленные последними функции и являются основными, ради которых, по заявлениям разработчиков, создается прибор RFID Guardian.

Из этого можно сделать вывод, что данные технологии в скором времени станут повсеместно распространенными, в том числе и в России.

Отсюда возникает необходимость задуматься о проблемах безопасности использования RFID-систем. Особенно остро этот вопрос стоит при применении RFID-технологий в военной или финансовой сферах. Из-за жестких ценовых ограничений, система защиты должна быть не только надежной и производительной, но и дешевой в реализации.

Рассмотрим классификация угроз безопасности информации в системах RFID:

1. По месту нахождения информации:
- угрозы изменения информации в радиочастотном идентификаторе;
- угрозы доступа к информации идентификатора;
- угрозы доступа и изменения информации, циркулирующей в линии связи идентификатора с базовой станцией;
- угрозы доступа и изменения информации при обработке в базовой станции.

2. Природа происхождения:
- случайная;
- преднамеренная.

3. Предпосылки появления:
- объективные;
- субъективные.

4. По источнику угрозы:
- природная среда;
- человек;
- санкционированные программно-аппаратные средства;
- несанкционированные программно-аппаратные средства.

5. По положению угроз:
- источник угроз вне зоны передачи информации;
- в пределах контролируемой зоны
- источник угроз в системе обработке информации;

6. по степени зависимости от активности системы RFID:
- проявляющиеся независимо от активности системы RFID;

- проявляющиеся только в процессе передачи данных.

7. По степени воздействия ПС

- пассивные

- активные

Добиться обеспечения безопасности в системах RFID позволяет применение криптографии. Криптографические методы основаны на применении математических обратимых функций к хранимой или передаваемой информации с целью существенного изменения исходной формы представления информации. Многообразие возможных изменений сообщения обеспечивается возможностью выбора функции из большой системы функций, заданных на элементах информации и образующих криптографическую систему.

По принципам использования ключей криптосистемы разделены на системы с секретным (симметричные) и открытым ключом (ассиметричные). В первом случае для зашифрования и расшифрования используется один и тот же ключ, во втором - разные ключи.

Общепризнанное преимущество симметричных систем заключается в более высокой скорости шифрования, в меньших размерах используемого ключа, обеспечивающего стойкость, и в более высокой степени научной обоснованности криптографической стойкости. Именно поэтому для обеспечения защищенности небольших компьютеризированных устройств применяются в основном криптосистемы с секретным ключом.

Существует множество криптографических алгоритмов, однако в условиях серьезных ограничений на аппаратную реализацию, применение большинства из них либо невозможно, либо нецелесообразно. Криптографии ставит своей целью разработку алгоритмов для устройств, которые не способны обеспечить большинство существующих шифров достаточными ресурсами для функционирования.

Каждый разработчик алгоритмов в области криптографии для систем ближнего радикса действия, к которым относятся системы RFID, вынужден искать баланс между надежностью, производительностью и ценой.

Таким образом, можно заключить, что задача разработки универсального алгоритма для RFID-систем до сих пор актуальна.

При разработчике алгоритмов в области-криптографии вынужден искать баланс между надежностью, производительностью и ценой. Например, для блочных шифров размер ключа определяет соотношение надежность/стоимость, число раундов шифрования — надежность/ производительность, а особенности аппаратной конструкции — производительность/цена. Как правило, любые две из трех целей разработки могут быть легко достигнуты, в то время как удовлетворение всех трех требований — крайне сложная задача. Например, можно обеспечить приемлемое соотношение между надежностью и производительностью, однако для реализа-

ции подобного алгоритма потребуется большая площадь на схеме, что приводит к повышению стоимости. С другой стороны, можно создать надежную и дешевую систему, но с ограниченной производительностью.

Очевидно, что данная проблема имеет три варианта решения:

1. Использование проверенных стандартных алгоритмов;

2. Модификация известных алгоритмов с целью повышения производительности и снижения логической сложности;

3. Разработка новых алгоритмов.

За рубежом разработаны стандарты криптографической защиты данных в системах радиочастотной идентификации. Это стандарты серии ISO/IEC FDIS 29167 Information technology — Automatic identification and data capture techniques.

Надеемся, что в ближайшее время данные стандарты внедрены в России.

Библиографический список

1.Агафьин С.С. Шифры для RFID-систем / Материалы XVII Международная научно-практическая конференция «Комплексная защита информации» г. Суздаль, 15-1 8 мая 2012 г., с.14-15.

2. Агафьин С. С. LW-криптогрфия: шифры для RFID-систем / Безопасность информационных технологий, 2011, №1, с30-33

3. ISO/IEC FDIS 29167 Information technology — Automatic identification and data capture techniques.

УДК 621.396.67

СОКРАЩЕНИЕ ИЗДЕРЖЕК ПРИ РАЗРАБОТКЕ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ АФАР ПУТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ВНЕДРЕНИЯ В PLM СИСТЕМЫ

Сабиров Т. Р., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия,
Кузнецова А. Ю., ФГУП «НПО им. С.А. Лавочкина»,
Москва, Россия

В работе рассматривается интеграция процесса проектирования антенн в САПР, предназначенных для организации производства и управления проектами. Подход к проектированию представлен как аналитическими, так и численными методами. Приведен реально разработанный проект и показано, что его интеграция в значительной степени позволяет сокра-

тить время, затрачиваемое на переход от вычислений к опытному образцу.

This paper considers the integration the design antennas process in PLM, for the organization of manufacturing and project management. Design approach presented as analytical and numerical methods. An actual project developed and demonstrated that its integration to large extent reduce the time spent on the move from calculation to prototype.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

При разработке такой наукоемкой продукции как активная фазированная антенная решетка (АФАР) и ее составных частей помимо управления стоимостью и сроками выполнения работ, необходимо управлять потоками данных о продукции, процессом разработки, передачи документов между участниками разработки как внутри, так и вне предприятия, а также рядом других задач.

Поэтому одной из крупных задач, важной для предприятий радиоэлектронной (в том числе и космической) промышленности, является внедрение информационных технологий для управления данными об изделии и автоматизация проектирования и инженерного анализа конструкций и процессов (PDM/PLM, CAD/CAM/CAE-системы).

Для оптимизации АФАР используется программный продукт TeamCenter компании Siemens PLM Software - пакет масштабируемых программных решений для поддержки жизненного цикла изделий, созданный на основе открытой платформы PLM, включающий в себя модули для проектирования (CAD), подготовки управляющих программ для оборудования с ЧПУ (CAM), приложения для инженерного анализа (CAE) и модуль для программирования координатно-измерительных машин (CMM), объединенные в одну систему, которая в состоянии помочь в выполнении всего набора инженерных задач на производстве.

Область настоящего исследования относится к разработке методов и средств информатизации и компьютеризации производственных процессов излучающих модулей активной фазированной антенной решетки (АФАР) и их документального обеспечения. Предлагаемый подход позволяет усовершенствовать и реализовать эффективное функционирование производственных процессов и относится к внедрению на предприятиях ФГУП «НПО им. С.А. Лавочкина» и ОАО «НПП «Пульсар» САПР PLM - системы автоматизированного проектирования основанной на технологии управления жизненным циклом изделий (Product Lifecycle Management). PLM является организационно-технической системой, обеспечивающей управление всей информацией об изделии и связанных с ним процессах на протяжении всего его жизненного цикла, начиная с проектирования и про-

изводства до снятия с эксплуатации. В качестве изделия, информация о котором содержится в PLM-системе в виде цифрового макета, рассматривается антенная часть такого сложного технического объекта как АФАР размещение которой планируется на космическом аппарате дистанционного зондирования земли (ДЗЗ).

В настоящей работе в качестве PLM-системы мы рассмотрим связку computer-aided design (CAD) NX и PLM Siemens TeamCenter, т.к. они по всему миру широко используются в аэрокосмической промышленности и их взаимодействие с CAE (computer-aided engineering) которые планируется внедрить в ФГУП «НПО им. С.А. Лавочкина» и ОАО «НПП «Пульсар».

Основные достоинства данной PLM системы:

- возможность инженерам, технологам и опытному заводу работать совместно, используя единый источник информации. Это позволяет устранить необходимость в многочисленных базах данных, управлять изготовлением оснастки и подключать рабочий пакет непосредственно к точке выполнения.

- повышение производительности при разработке изделий, обеспечение более быстрого и гибкого моделирование деталей и сборок за счет работы с разными CAD-системами, оптимизации решений для численного моделирования и более эффективной технологической подготовки производства.

- возможность работать с данными из других CAD-систем без каких-либо затруднений.

- наличие интегрированной автоматизированной возможности проверки конструкций, которая позволяет точно соблюдать требования технического задания заказчика, а также соответствие ГОСТам, ОСТам, СТП.

В состав TeamCenter входит модуль управления процессами технологической подготовки производства, внутренние приложения которого позволяют организовать разработку технологических маршрутов, процессов сборки и изготовления, выпуск технологической документации, управление технологическими составами материалов изделий (MBOM – Manufacturing Bill of Materials). А также организовать интеграцию с корпоративными информационными системами класса CAE, такими как EMPIRE, EMCUBE, SEMCAD, HFSS, FEKO и MATLAB являющимися средством автоматизации инженерных расчётов [1], анализа и симуляции физических процессов, которые осуществляют динамическое моделирование, проверку и оптимизацию изделий.

На рис. 1 показана блок-схема организационно-технической системы управления жизненного цикла антенно-фидерных систем и их составных частей. Система автоматизированных рабочих мест (АРМ) для проведения расчетов антенно-фидерных систем (АФС) и их составных частей интегрирована с оборудованием для проведения испытаний и системой прямого управления станками с ЧПУ (опытный завод) через технологии управления

жизненным циклом изделий PLM Siemens TeamCenter.

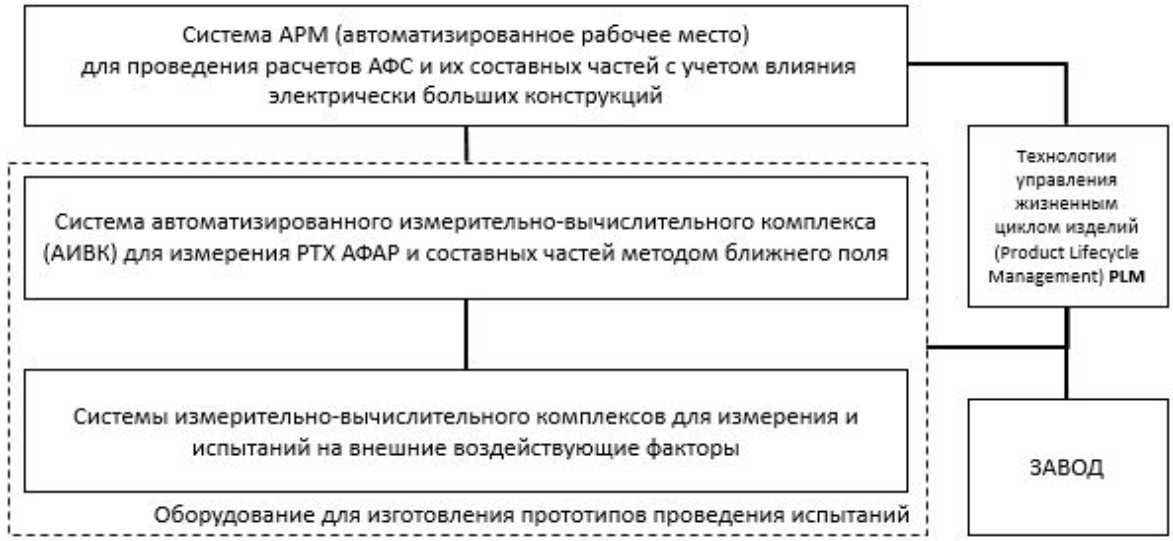


Рис. 1 Блок-схема организационно-технической системы управления

АРМ для проведения расчетов АФС и их составных частей показана на рис. 2 и представляет собой вычислительный узел из технических средств, который интегрирован математическими средствами (пакет программ «Математическая модель»). АРМ построен на базе четырех вычислительных узлов Arbyte Alkazar R4G50 R2 с графическими ускорителями Tesla K40 и семи вычислительных узлов Tesla 2075 под управлением центрального сервера и системы хранения данных.

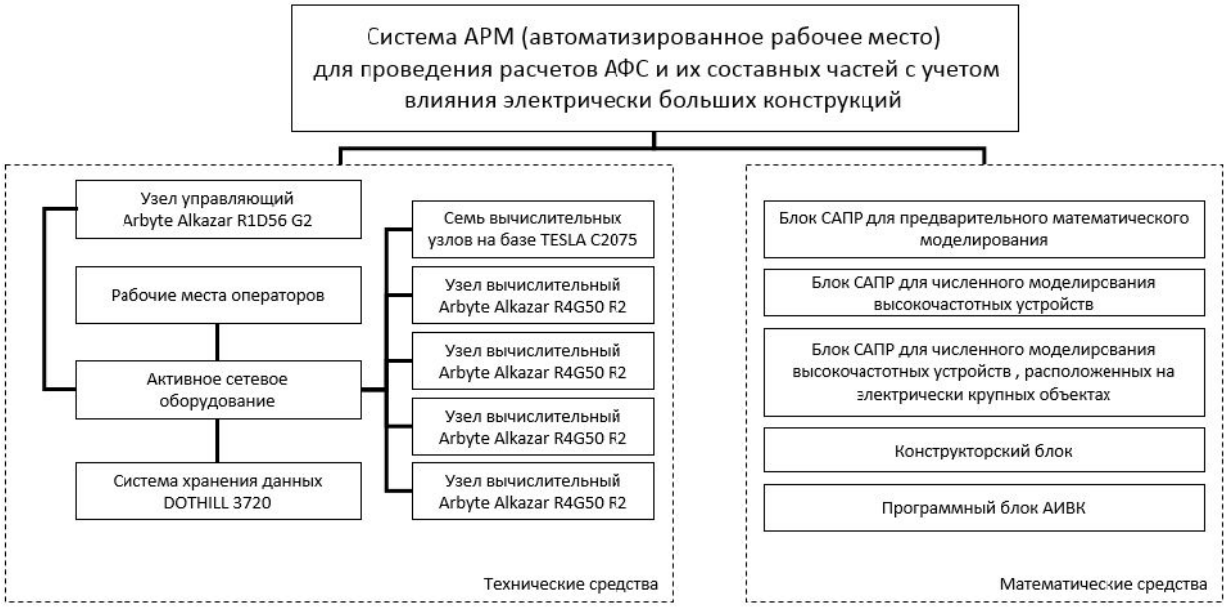


Рис. 2 Блок-схема системы АРМ для проведения расчетов АФС

На блок-схеме (рис. 3) показано внедрение PLM в классический цикл от-

работки антенно-фидерных систем и их составных частей на примере разработки излучающего элемента АФАР. Выдача технического задания разработчику происходит непосредственно через PLM и начинается прямой процесс проектирования антенной решетки. На первоначальных этапах реализуется приближенный математический расчет характеристик решётки, а также элементов решётки, и выявляются слабые места. Далее данные поступают в CAE, где происходит электродинамическое моделирование излучающего элемента или группы излучающих элементов и, при необходимости, учитывается взаимное влияние таких элементов друг на друга. При неудовлетворительном результате происходит возврат к выбору элемента решетки или его модификация. Математический расчет и анализ амплитудно-фазового распределения (АФР) продолжается с учетом результатов расчетов, полученных численными методами. Если результаты моделирования удовлетворяют требованиям ТЗ, то переходят к разработке конструкторской документации, а расчетная 3D модель передается в CAD и PLM, где при помощи инструментов и технологий для разработки изделия, инженерного анализа обеспечивается подготовка к производству. Изготовленные опытные образцы поступают на испытания и в случае обнаружения несоответствия расчетных и экспериментальных данных происходит повторный анализ и перерасчет структур. При подобном взаимодействии подразделений в организации осуществляется полностью через PLM систему, и опытные образцы изготавливаются и испытываются без бумажных носителей, т.е. весь документооборот происходит исключительно в электронном виде.

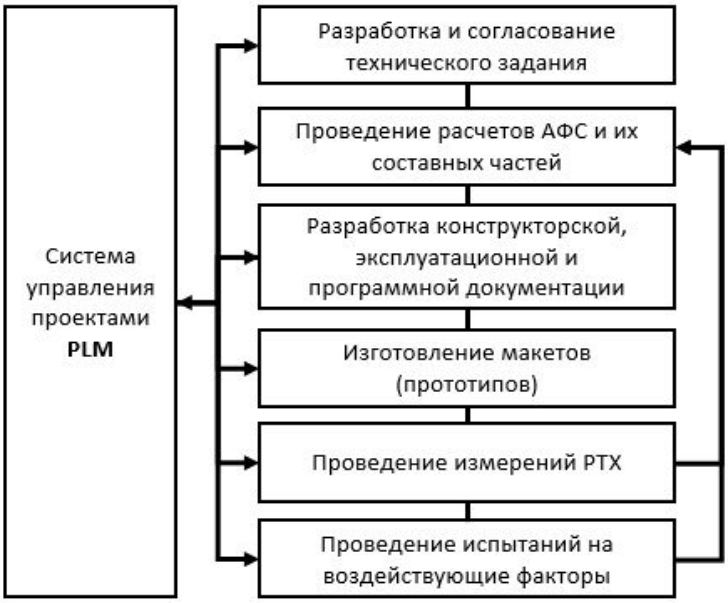


Рис. 3. Внедрение PLM в классический цикл отработки антенно-фидерных систем и их составных частей

На основании проведенных исследований определены следующие

выгоды для предприятий от внедрения PLM:

- Сокращение время разработки более чем на 30%. С помощью передовых технологий, эффективного взаимодействия и простых рабочих процессов, инструменты проектирования помогают выполнять проектировочные задачи быстрее, чем с помощью других CAD-систем.

- Увеличение количества разработки новых продуктов, появляющихся ежегодно. Благодаря повышению производительности проектирования и выработки, PLM может помочь группам разработчиков использовать больше возможностей и разрабатывать больше изделий без использования дополнительных ресурсов.

- Сокращение время полного цикла разработки на 35%. Благодаря интеграции проектирования, моделирования, обработки и производства, PLM может помочь перестроить и наладить процессы разработки, используя те же знания и данные на всех этапах от начальной концепции до заводского цеха [4].

Главную проблему при расчете общего показателя эффективности внедрения на предприятиях космической отрасли представляет оценка реальных выгод от внедрения PLM-систем. Сама по себе любая информационная технология очень редко создает какие-либо ценности. Поэтому точно оценить будущую доходную часть достаточно сложно, требуются экспериментальные цепочки.

В целом выгоды от внедрения принято делить на прямые и непрямые.

К прямым выгодам относятся все «расчетные» доходы, которые можно подсчитать что называется «до копейки». Например, снижение расходов на бумагу, сокращение штата работников (и соответственно фонда заработной платы) и т.п.

Косвенные выгоды учесть сложнее. К таким выгодам относится, например, «эффект времени и производительности труда»: время, сэкономленное сотрудником за счет более быстрого выполнения своих функций в результате внедрения новых технологий, умножают на стоимость его рабочего часа. Возможность анализа портфеля проектов в системе позволит руководству компании принимать решение о выборе и приоритете проектов, что, в свою очередь, позволит оптимизировать портфель проектов и избежать нецелесообразного использования средств [3].

Полное проведение оценки эффективности внедрения PLM-системы TeamCenter требует детального рассмотрения и проработки в рамках отдельного исследования на примере полной интеграции в процесс создания АФАР.

Уже сейчас можно делать вывод о том, что внедрение связки PLM, CAD и CAE САПР построенных на основе широкого использования новых информационных технологий позволяет достичь существенного сокращения времени согласования конструкторской документации и перейти от 3D модели к производству и испытаниям, что в свою очередь позволяет создавать в кратчайшие сроки конкурентоспособные на мировом рынке АФАР.

В настоящей работе частично рассмотрен процесс проектирования излучающей части АФАР с применением CAE, и интеграция этого механизма в PLM, но в объем работы не вошли более массивные части организации производства и испытаний при наземной экспериментальная отработке изделий ракетно-космической техники и механизмы интеграции в такую отработку рассматриваемой АФАР, что в конечном счете и реализует эффективное функционирование производственных процессов.

Примененное решение качественно повышает уровень организации производства антенн и устройств СВЧ на предприятиях космической отрасли и смежных отраслей и способствует ускорению внедрения в производственный процесс последних достижений научно-технического прогресса.

Резюмируя все вышесказанное можно сказать, что достигается самая главная цель любой автоматизации – сокращение издержек, что приведет, в конечном счете, к сокращению себестоимости продукции.

Библиографический список

1. Банков С.Е., Курушин А.А. Электродинамика для пользователей САПР, 2009. Электронная книга, издание ИРЭ АН, http://jre.cplire.ru/jre/library/.

2. Сабиров Т.Р. Бортовая АФАР дециметрового диапазона волн размещаемая на космическом аппарате военного назначения // Актуальные вопросы проектирования космических систем и комплексов. Сборник научных трудов. Выпуск №13. Химки 2012г. С. 101-118.

4. Романов В.М., Кузнецова А.Ю. Методы оценки экономической эффективности внедрения автоматизированных информационных систем, Вестник НПО, №5, 2012

5. Siemens PLM Software [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://www.plm.automation.siemens.com/ru_ru/, свободный. — Загл. с экрана. — Яз. рус., англ.

УДК: 621.396.96

МЕСТООПРЕДЕЛЕНИЕ ИСТОЧНИКОВ УЗКОПОЛОСНЫХ СИГНАЛОВ В ДВУХПОЗИЦИОННОЙ РЛС

А. Г. Азизов, А. Ю. Богодаров, Б. А. Заикин, М. Е. Калиниченко, А. Ф. Котов, П. В. Попонов, МГТУ МИРЭА, Москва, Россия,

Рассмотрена задача оценивания координат источника узкополосных сигналов в двухпозиционной двухканальной однобазовой радиолокационной системе. С целью повышения точности определения координат источ-

ника используется искусственное расширение спектра принимаемого сигнала в разностно-дальномерном канале и фильтрация оценок координат в обоих каналах.

В ряде практических задач требуется обеспечить местоопределение источников узкополосных сигналов, которыми чаще всего являются стационарные и мобильные радиостанции с непрерывными или прерывистыми сигналами. Задача заключается в том, чтобы построить измерительную систему, достаточно простую с одной стороны и с другой - обеспечивающую хорошие точностные характеристики.

Для решения задачи можно рассмотреть один из вариантов пассивных радиолокационных систем (РЛС). Поскольку пассивные однопозиционные РЛС не позволяют определить местоположение объекта, естественно, напрашивается использовать пассивную многопозиционную РЛС.

Как известно, наиболее точной пассивной многопозиционной РЛС при приёме широкополосных сигналов является разностно-дальномерная РЛС, которая в простейшем варианте при определении координат источника излучения на плоскости представляет собой трёхпозиционную систему [1]. При приёме узкополосных сигналов в пассивном варианте целесообразно использовать разностно-доплеровский метод, который также при измерении координат источника на плоскости требует три позиции (двухбазовая система)[2]. Вместе с тем более простой является двухпозиционная однобазовая система с использованием одного приёмника и ретранслятора [2]. В такой системе можно использовать угломерный метод или комбинированный угломерно-доплеровский или разностно-дальномерно- разностно-доплеровский методы [2]. Угломерный метод не обладает достаточной точностью, поэтому наиболее приемлемым вариантом может быть вариант с использованием разностно-дальномерно- разностно-доплеровского метода. В последнем случае структура устройства обработки сигналов должна быть двухканальная. Поскольку разностно-дальномерный канал не обеспечивает высокую точность при приёме узкополосного сигнала, то для повышения точности измерения разности временных задержек в этом случае целесообразно использовать искусственное расширение спектра принимаемого сигнала [3]. Кроме того, для повышения точности измерений обоими методами предлагается использовать в каждом канале один из квазиоптимальных вариантов фильтрации компонентов векторов состояния объекта наблюдения.

Итак, с учётом изложенного геометрическое построение измерительной системы представляется в виде, представленном на рис.1

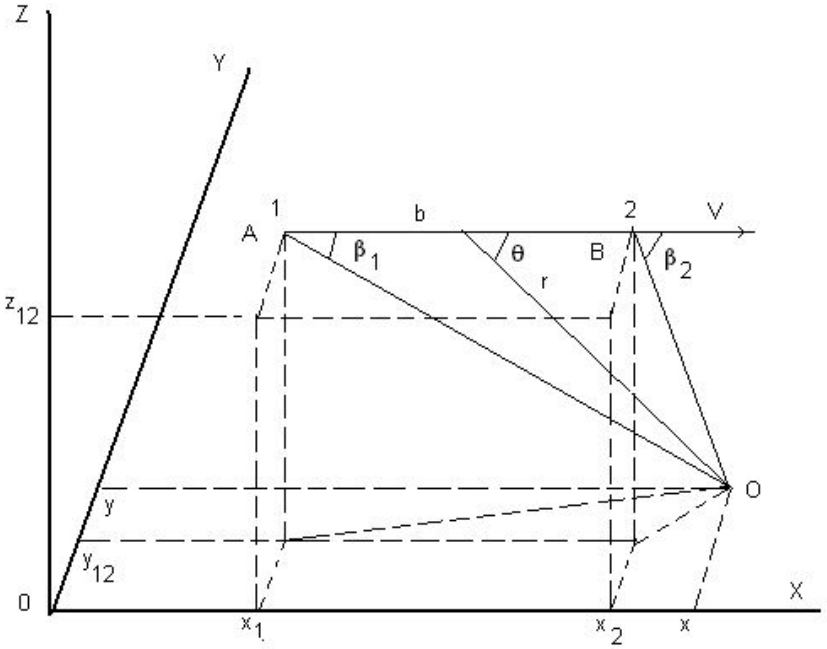


Рис. 1. Геометрическое построение однобазовой пассивной РЛС.

Полагается, что в точке B (2) на летательном аппарате (ЛА) расположен приёмник, совмещённый с пунктом обработки информации (ПОИ), а ретранслятор, также расположенный на ЛА, находится в точке A (1). Координаты ЛА измеряются с помощью спутниковых навигационных систем с достаточно высокой точностью, так что значение базы b известно в любой, необходимый для измерений момент времени. Считается, что компоненты вектора состояния объекта наблюдения O дискретны и их можно аппроксимировать марковской последовательностью. Источник излучения либо неподвижен, либо перемещается достаточно медленно по случайному закону. Предполагается, что отношение сигнал/шум может быть обеспечено достаточно большим, поскольку система пассивна и используется фильтрация компонентов вектора состояния.

С учётом изложенного в приёмнике может быть измерена пара первичных параметров сигнала – разность временных задержек и разность доплеровских сдвигов F. Их значения могут быть определены из следующих соотношений:

$$\tau \quad \frac{1}{\tilde{n}} \; b \quad \sqrt{(x \quad x_1)^2 \quad (y \quad y_{12})^2 \quad z_{12}^2} \qquad (1)$$

$$\sqrt{(x \quad x_2)^2 \quad (y \quad y_{12})^2 \quad z_{12}^2} \quad ,$$

$$F \quad f_0 \frac{v}{c} \; cos\beta_1 \quad \cos\beta_2 \; , \qquad (2)$$

где: f_0 - частота несущей излучаемого объектом колебания,

v - скорость перемещения ЛА,

c – скорость распространения радиоволн,

$_1$ и $_2$ - углы между линиями визирования и вектором скорости ЛА;

$$cos\beta_1 \quad \frac{x \quad x_1}{\sqrt{(x \quad x_1)^2 \quad (y \quad y_{12})^2 \quad z_{12}^2}}, \tag{3}$$

$$cos\beta_2 \quad \frac{x \quad x_2}{\sqrt{(x \quad x_2)^2 \quad (y \quad y_{12})^2 \quad z_{12}^2}}. \tag{4}$$

Поскольку объект малоподвижен, то можно предположить, что математические ожидания его координат равны некоторым детерминированным значениям, а флуктуации координат заданы соответствующими дисперсиями. Тогда модель вектора состояния объекта наблюдения, состоящего из двух компонентов $x \quad y^T$ определяется согласно [4] уравнением

$$\Lambda^{(v)} \quad \Phi\Lambda^{(v \ 1)} \quad BN^{(v)} \tag{5}$$

где: $^{( )}$ и $^{(\ 1)}$ - векторы состояния объекта на i и $(\ 1) \ i$ интервале, соответственно,

- матрица перехода, характеризующая динамические свойства объекта,

- матрица формирующих воздействий, характеризующая случайный характер местоположения объекта,

$^{( )}$ - гауссовский случайный вектор с $< N^{( )}>=0$ и $< N^{( )} N^{( )}>=I$; I – единичная матрица; - символ Кронекера.

Согласно (5) значения координат x и y на i интервале могут быть представлены выражениями

$$\begin{aligned} x^{(v)} & \quad a_x x^{(v \ 1)} \quad b_x n_x^{(v)}, \\ y^{(v)} & \quad a_y y^{(v \ 1)} \quad b_y n_y^{(v)}. \end{aligned} \tag{6}$$

В простейшем случае коэффициенты a_x и a_y можно положить равными единице. Тогда из (6) имеем

$$\begin{aligned} x^{(v)} & \quad x^{(v \ 1)} \quad b_x n_x^{(v)}, \\ y^{(v)} & \quad y^{(v \ 1)} \quad b_y n_y^{(v)}. \end{aligned} \tag{7}$$

Уравнения (7) получаются из (5), если принять

$$\Phi \quad \begin{matrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{matrix}, \tag{8}$$

$$\mathrm{B} \quad \begin{matrix} b_x & 0 \\ 0 & b_y \end{matrix}. \tag{9}$$

Полагая, что согласно (2) и (3) истинные значения и F на i тактовом интервале равны

$$\tau^{(v)} \quad \frac{1}{\tilde{n}} \; b \; \sqrt{(x^{(v)} \quad x_1)^2 \quad (y^{(v)} \quad y_{12})^2 \quad z_{12}^2}$$

$$\sqrt{(x^{(v)} \quad x_2)^2 \quad (y^{(v)} \quad y_{12})^2 \quad z_{12}^2},$$

$$F^{(v)} \quad f_0 \frac{v}{c} \frac{x^{(v)} \quad x_1}{\sqrt{(x^{(v)} \quad x_1)^2 \quad (y^{(v)} \quad y_{12})^2 \quad z_{12}^2}} \tag{10}$$

$$\frac{x^{(v)} \quad x_2}{\sqrt{(x^{(v)} \quad x_2)^2 \quad (y^{(v)} \quad y_{12})^2 \quad z_{12}^2}}$$

и используя методику, принятую в [1], получим уравнения фильтрации для апостериорных оценок координат и ковариационной матрицы ошибок в виде

$$\begin{matrix} \hat{x}_{ps}^{(v)} & x_{\hat{y}}^{(v)} & D_{ps,x}^{(v)} g_x & K_{xy}^{(v)} g_y, \\ \hat{y}_{ps}^{(v)} & y_{\hat{y}}^{(v)} & K_{xy}^{(v)} g_x & D_{ps,y}^{(v)} g_y, \end{matrix} \tag{11}$$

$$\mathrm{K}_{ps}^{(v)} \quad \begin{matrix} D_{ps,x}^{(v)} & \mathrm{K}_{xy}^{(v)} \\ \mathrm{K}_{xy}^{(v)} & D_{ps,y}^{(v)} \end{matrix}, \tag{12}$$

где:

$$x_{\hat{y}}^{(v)} \quad \hat{x}_{ps}^{(v \quad 1)}, \quad g_x \quad \frac{\tau}{x} \mathrm{A}_1 \quad \frac{F}{x} \mathrm{A}_2,$$

$$y_{\hat{y}}^{(v)} \quad \hat{y}_{ps}^{(v \quad 1)}, \quad g_y \quad \frac{\tau}{y} \mathrm{A}_1 \quad \frac{F}{y} \mathrm{A}_2,$$

Компоненты вектора G [1] g_x и g_y, а также элементы матрицы $K_{ps}^{(\cdot)}$ определяются из (1) – (4) и (7)-(10).

Таким образом, рассмотрен относительно простой способ, позволяющий обеспечить повышенную точность измерения координат источника узкополосных сигналов. Для повышения точности измерений предлагается в канале измерения разности временных задержек использовать искусственное расширение спектра принимаемого сигнала и в обоих каналах – вторичную обработку на базе фильтрации дискретных последовательностей.

Библиографический список

1. Котов А. Ф. , Сошников И. А. Квазиоптимальная фильтрация вектора состояния цели в разностно-дальномерной РЛС. – М.: МИРЭА, Сб. трудов. Ч.3. Технические науки, 2005. – С. 123 – 127.

2. Кондратьев В. С. , Котов А. Ф., Марков Л. Н. Многопозиционные радиотехнические системы. – М.: Сов. Радио, 1986. – 264 с.

3. Заикин А. М., Королёв А. Н., Котов А. Ф.. Корреляционная обработка узкоспектральных сигналов с неизвестными параметрами в пассивном многопозиционном измерителе координат источников непрерывного излучения. – М.: Измерительная техника, №10, 2004. – С. 49 – 52.

4. А. Ф. Котов, В. Б. Гребенников. Импульсные многопозиционные радиотехнические системы. – М.: Радиотехника, 1987. – С. 6-9.

УДК 52.08

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КОРРЕЛЯЦИОННО-ФАЗОВОГО РАДИОПЕЛЕНГАТОРА

Валяев И.Н.[1,3], Жуков А.О.[1,2]
[1] Институт астрономии РАН
[2] Государственный астрономический институт имени П. К. Штернберга
[3] Особое конструкторское бюро Московского энергетического института

В статье ставится задача разработки математической модели для изучения потенциальных возможностей корреляционно-фазового радиопеленгатора.

Актуальность создания такой модели вытекает из непрерывно повышающихся требований к точностным характеристикам навигационных измерений КА, выполняемых измерительными средствами (ИС), что мо-

жет быть обеспечено, помимо всего прочего, лишь при наличии адекватной математической модели, описывающей информационные связи между результатами навигационных измерений, параметрами радиосигнала, связывающего КА с ИС, и параметрами орбитального движения КА.

Реферат: статья посвящена теме вопросу разработки математической модели для изучения потенциальных возможностей корреляционно-фазового радиопеленгатора. Рассматривается класс короткобазовых КФП с электрической связью между антеннами. Исходя из требований к точностным характеристикам навигационных измерений КА, выполняемых измерительными средствами (ИС), можно заключить, что они могут быть обеспечены наличием адекватной математической модели, описывающей информационные связи между результатами навигационных измерений, параметрами радиосигнала, связывающего КА с ИС, и параметрами орбитального движения КА. В Статье затронуты основы работы корреляционно-фазовых пеленгаторов и предложены математические модели, описывающие навигационную функцию наблюдения и системную функцию наблюдения косинуса направляющего угла. Предложены структура и статистическое описание случайной функции погрешностей наблюдения косинуса направляющего угла.

Сформулировано с позиций современной теории оптимального управления динамическими системами понятие базовой метрологической модели навигационного измерительного средства как математического объекта. Проведена классификация составляющих погрешности наблюдения КНУ по виду источника (причине) возникновения погрешностей и степени их временной корреляции

Введение

Корреляционно-фазовые радиопеленгаторы (КФП) относятся к классу пассивных пространственно-когерентных многопозиционных радиотехнических средств ККП, обеспечивающих получение следующих видов информации о радиоизлучающих КА с целью определения особенностей их функционирования:

- координатные измерения (КИ) в виде замеров двух угловых координат КА,
- некоординатные измерения (НКИ) в виде замеров формы и параметров спектров излучаемых КА сигналов.

Главной задачей данного раздела является разработка базовой метрологической модели КФП, включающей инструментальные (случайные и систематические) и методические погрешности измерений угловых координат КА, и ее навигационная интерпретация.

Актуальность создания такой модели вытекает из непрерывно повышающихся требований к точностным характеристикам навигационных измерений КА, выполняемых измерительными средствами (ИС), что может быть обеспечено помимо всего прочего лишь при наличии адекватной математической модели, описывающей информационные связи между результатами навигационных измерений, параметрами радиосигнала, связывающего КА с ИС, и параметрами орбитального движения КА.

1 Постановка задачи разработки базовой метрологической модели КФП

Основной задачей баллистико-навигационного обеспечения (БНО) полета КА, реализуемого с помощью средств наземных и бортовых измерительных комплексов и комплексов управления, является обеспечение движения центра масс КА (обеспечение требуемых параметров орбиты) в интересах его целевого назначения.

В рамках современной теории оптимального управления эта задача решается путем ее декомпозиции на две основные подзадачи [2]:

- оптимального оценивания параметров орбиты (вектора состояния) КА по вектору наблюдения (измерения) некоторых компонент вектора состояния при известном векторе управления;

- расчета оптимального вектора управления по оцененному вектору состояния КА при заданных критериях качества управления и множестве допустимых управлений.

Первая из этих основных подзадач решается в рамках современной теории оптимального оценивания, базирующейся на использовании уравнений состояния и наблюдения [10].

Уравнение состояния для динамической системы КА – измерительный комплекс в наиболее общем случае может быть записано в виде следующего стохастического дифференциального уравнения

$$\frac{d\boldsymbol{X}}{dt} \quad \boldsymbol{A}\ \boldsymbol{X},t \quad \boldsymbol{B}\ \boldsymbol{U},t \quad \boldsymbol{C}\ \boldsymbol{W},t \qquad (1)$$

где $\boldsymbol{X}\ t$ - n-мерный вектор состояния системы КА – измерительный комплекс, компоненты которого определяют динамическое состояние системы в любой момент времени;

$\boldsymbol{A}$, $\boldsymbol{B}$, $\boldsymbol{C}$ - n-мерные детерминированные функции, соответственно, системная, управления и возмущения;

$\boldsymbol{U}\ t$ - m-мерный вектор управления;

$\boldsymbol{W}\ t$ - l-мерный белый шум (вектор возмущения).

При дальнейшей разработке в вышеуказанном смысле метрологической модели радиоинтерферометров (КФП) ограничим рассмотрение сле-

дующими рамками.

1. Рассматривается класс короткобазовых КФП с электрической связью между антеннами. Длины точных баз (расстояние *d* между фазовыми центрами пространственно-разнесенных антенн), определяющих точностные характеристики КФП, не превышают 0,5 км.

2. Рассматриваются две наиболее целесообразные пространственные конфигурации антенного поля (АП) КФП, обеспечивающие определение двух независимых угловых координат КА, - квадратная (с расположением четырех антенн в вершинах квадрата) и треугольная (с расположением трех антенн в вершинах равнобедренного прямоугольного треугольника). Две точные базы в первом случае образованы парами антенн, расположенными на двух диагоналях квадрата, во втором – на двух катетах треугольника (одна антенна является во втором случае общей для обеих баз).

3. Наблюдаемым КФП по каждой точной базе навигационным параметром является косинус *K* направляющего угла (КНУ) КА относительно точной базы, образованного линией визирования центр АП – КА и линией, соединяющей фазовые центры антенн, расположенных на соответствующей точной базе. Центр АП в случае квадратной конфигурации совпадает с центром квадрата, в случае треугольной - с вершиной прямого угла. Поскольку наблюдение КНУ относительно каждой из двух точных баз в КФП производится аналогично, далее рассмотрение ограничивается одной произвольной точной базой.

4. Измеряемым КФП первичным временным параметром является временной интервал $_p$, соответствующий разности времен распространения навигационного сигнала на двух трассах КА – А1 и КА – А2, конечные пункты которых образованы КА и соответственно двумя антеннами (А1 и А2) КФП, расположенными на концах одной точной базы.

5. Рассматриваются корреляционные КФП с фазовым методом измерения первичного временного параметра $_p$, в которых в общем случае производятся последовательные преобразования навигационного сигнала в двух идентичных приемных трактах и затем в общем тракте корреляционной обработки [4,5].

6. Специфическая задача получения в КФП значения полной фазы *Ф* интерференционного отклика по точной шкале (целое число циклов плюс дробная часть) в данном отчете выведена за рамки рассмотрения.

7. Рассматривается класс низко и средневысотных КА, движущихся на околокруговых и эллиптических орбитах с высотами перигея и апогея в диапазоне 300 40000 км.

8. При решении всех трех вышеуказанных подзадач разработки метрологической модели КФП будем пренебрегать эффектами, учет которых приводит к изменению косинуса направляющего угла *K* на величину K менее 10^{-5} рад.

2 Математический вид навигационной функции наблюдения косинуса направляющего угла

Исходя из постановки задач разработки метрологической модели КФП в данном разделе ищется математический вид функции H(X,t)

$$K \quad H \; \boldsymbol{X}, t \tag{2}$$

где K – косинус направляющего угла КА относительно точной базы,

$\boldsymbol{X}$ – вектор состояния динамической системы КА - измерительный комплекс.

В данном случае функция H зависит только от координатной кинематической компоненты $\boldsymbol{R}$ вектора $\boldsymbol{X}(\boldsymbol{R} \quad \boldsymbol{X})$, являющейся радиус-вектором КА в некоторой системе координат. Поскольку в вакууме свет распространяется во всех направлениях прямолинейно и с постоянной скоростью c лишь в инерциальных системах отсчета, далее рассмотрение ведется в квазиинерциальной геоцентрической системе координат с евклидовой метрикой пространства. Исходными данными для вывода математического вида функции H(X,t) являются законы движения $\boldsymbol{R}(t)$, $\boldsymbol{R}_0(t)$, $\boldsymbol{e}(t)$ в инерциальной системе координат (ИСК) соответственно КА, точки 0 центра АП и единичного вектора базы КФП. Закон движения КА $\boldsymbol{R}(t)$ задается моделью движения КА (2) непосредственно в ИСК, положение точки 0 центра АП задается первоначально геодезическими методами в виде радиус-вектора $\boldsymbol{R}_o^{\Gamma}$ в гринвичской (связанной с вращением Земли) системе координат (ГСК), а единичный вектор базы $\boldsymbol{e}^{\mathrm{T}}$ – также геодезическими методами в измерительной топоцентрической системе координат (ИТСК) КФП. Начало ИТСК совпадает с точкой 0 центра АП, ориентация ее осей в ГСК задается геодезическими методами матрицей $\boldsymbol{A}_{TT}$ перехода от ИТСК к ГСК.

Связь на текущую эпоху t ГСК с ИСК задается теорией прецессии-нутации и вращения Земли 1 в виде результирующей матрицы перехода $\boldsymbol{A}_{ГИ}(t)$, являющейся произведением матриц прецессии, нутации и поворота Земли на эпоху t. Тогда закон движения $R_0(t)$ точки 0 центра АП в ИСК примет следующий вид

$$\boldsymbol{P}_0 \; t \quad \boldsymbol{A}_{ГИ} \; t \; \boldsymbol{R}_0^{\Gamma}, \tag{3}$$

а закон движения $\boldsymbol{e}(t)$ единичного вектора базы КФП в ИСК будет выглядеть так

$$\boldsymbol{e} \; t \quad \boldsymbol{A}_{ГИ} \; t \; \boldsymbol{A}_{TT} \boldsymbol{e}^{T} \tag{4}$$

В результате искомая навигационная функция H (X,t) наблюдения косинуса направляющего угла может быть записана в виде

$$K \quad \frac{\boldsymbol{R}_B \quad \boldsymbol{e} \; t_2}{\|\boldsymbol{R}_B\|} \tag{5}$$

Здесь $\boldsymbol{R}_B = \boldsymbol{R}\,(t_1) - \boldsymbol{R}_0\,(t_2)$ – вектор волнового луча, соединяющего

КА с точкой 0 центра АП;

R *(t₁)* – радиус-вектор КА на момент времени t_1 излучения КА пеленгуемого сигнала;

$\boldsymbol{R}_0$ *(t₂)* – радиус-вектор точки 0 на момент времени t_2 пеленгации (приема) КФП излученного КА сигнала;

e *(t₂)* – единичный вектор базы КФП на момент времени t_2;

(***a b***) - скалярное произведение векторов ***a*** и ***b***;

$\|\boldsymbol{a}\|$ - евклидова норма вектора ***a***.

Поскольку наблюдаемое КФП значение $K_н$ косинуса направляющего угла привязано к моменту t_2 пеленгации КФП сигнала, момент времени t_1 излучения пеленгуемого сигнала, необходимый для получения согласно (5) расчетного аналога $K_р$ косинуса направляющего угла, определяется в соответствии со следующей итерационной процедурой (l –я итерация).

3 Математический вид системной функции наблюдения косинуса направляющего угла

Системная функция $Z(\ _p, t)$ наблюдения косинуса K направляющего угла КА относительно базы КФП согласно второй подзадаче разработки метрологической модели КФП представляется в следующем общем виде:

$$K = Z(\ _p, t) \qquad (6)$$

где $_p$ – первичный временной параметр, равный разности времен распространения навигационного сигнала на двух близких пересекающихся трассах КА-А1 и КА-А2 (А1 и А2 – антенны, расположенные на концах рассматриваемой базы) КФП,

K – косинус направляющего угла, наблюдаемый КФП в соответствии с навигационной функцией (5).

Наиболее просто соотношение (6) может быть записано для однородного навигационного пространства с евклидовой метрикой и прямолинейным распространением навигационного сигнала с постоянной скоростью – скоростью c света в вакууме.

Искомая модельная функция наблюдения косинуса направляющего угла может быть записана в виде следующего аддитивного выражения:

$$K=K_0+\ K_{C(A)}+\ K_T+\ K_И\ \ K_a+\ K_Д, \qquad (7)$$

где K_0 – «нулевое» (начальное) приближение,

$K_{C(A)}$ - поправка, учитывающая сферичность волнового фронта;

K_T - поправка, учитывающая влияние тропосферы;

$K_И$ – поправка, учитывающая влияние ионосферы;

K_a – малая поправка к К, учитывающая асимметрию вышеуказанных спектров сигналов на входах коррелятора;

$K_Д$ – малая динамическая поправка к К, учитывающая инерцион-

ность УФ на выходе перемножителя.

Для начального приближения $К_0$ и всех малых поправок $К_i$ (i=С(А), Т, И, а, Д) в данном разделе получены соответствующие модельные аналитические соотношения, а для поправок – кроме того, оценки их максимальных значений на рассматриваемом множестве геометрических, физических и частотных ситуаций, позволяющие оценить степень значимости этих поправок.

4 Структура и статистическое описание случайной функции погрешностей наблюдения косинуса направляющего угла

Навигационную $H(X,t)$ и модельную $Z(\ _p, t)$ функции наблюдения косинуса направляющего угла можно представить каждую в виде функции соответствующего основного аргумента, вектора $\boldsymbol{S}$ вспомогательных метрологических параметров и времени t

$$K=H(\boldsymbol{R}, \boldsymbol{S}_{АП}, t) \quad (8)$$

где $\boldsymbol{R}$ – радиус – вектор КА,

$\boldsymbol{S}_{АП}$ - вектор геодезических параметров АП,

$$K=Z(\Phi_У, \boldsymbol{S}_Z, t) \quad (9)$$

где $\Phi_У$ – значение полной фазы на выходе усредняющего фильтра коррелятора,

$\boldsymbol{S}_Z \quad \boldsymbol{S}_{АП}^T, \boldsymbol{S}_{ПТ}^T, \boldsymbol{S}_{СР}^T, \boldsymbol{S}_{КА}^T, \boldsymbol{S}_{НС}^T \ ^T$ - составной вектор параметров модельной функции $Z(\ _p, t)$,

$\boldsymbol{S}_{ПТ}$ – вектор параметров антенно-фидерного и приемного трактов КФП,

$\boldsymbol{S}_{СР}$ – вектор параметров среды распространения навигационного сигнала;

$\boldsymbol{S}_{КА}$ – вектор кинематических параметров КА;

$\boldsymbol{S}_{НС}$ – вектор параметров навигационного сигнала.

Выражения (5) и (7), выведенные в предыдущих разделах соответственно для навигационной и модельной функций наблюдения КНУ, были получены для случая идеальных наблюдений, т.е. в отсутствии возмущающих факторов, которые однако всегда имеют место в реальных наблюдениях.

К таким возмущающим факторам следует отнести:

- неадекватность использованных при выводе выражений (5), (7) моделей различных процессов,
- погрешности $\boldsymbol{S}$ используемых в выражения (8), (9) оценок $\hat{\boldsymbol{S}}$ метрологических параметров,
- атмосферные электрические шумы и тепловые шумы антенно-фидерных и приемных трактов КФП,
- флуктуации коэффициентов преломления в тропосфере и ионосфере.

Воздействие возмущений в виде атмосферных электрических шумов и тепловых шумов антенно-фидерных и приемных трактов КФП приводит

к флуктуационной составляющей $K_{Ф0}$ погрешности определения основного члена K_0 модельной функции наблюдения.

Известна [7] связь дисперсии $D[\Phi]$ измерения фазы Φ с отношением $q_{вых}$ 1 сигнал-шум (по мощности) на выходе измерительного канала

$$D\ \Phi\ \frac{1}{q_{вых}} \qquad (10)$$

Для реализованного в корреляционных КФП метода измерения фазы корреляционного отклика выходное отношение сигнал-шум (с/ш) связано с отношением с/ш $q_{вх}$ на входе приемного устройства соотношением:

$$q_{вых}\ \frac{q_{вх}^2}{1\ 2q_{вх}\ 2q_{вх}^2} K_A\ b_0 \qquad (11)$$

где =2 f – полоса пропускания линейной части приемного устройства, согласованная с полосой c,

- полоса пропускания усредняющего фильтра на выходе коррелятора,

K_A – коэффициент, зависящий от вида $A(\ )$ амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) линейной части приемного устройства,

b_0 – нормированный коэффициент взаимной корреляции сигналов на входах коррелятора.

Мощность шумов, приведенных ко входу приемного устройства рассчитывается согласно формуле

$$P_Ш = к\ T_{ПР}\ \ f \qquad (12)$$

где $к$ – постоянная Больцмана,

$T_{ПР}$ – шумовая температура приемного устройства с учетом внешних шумов и шумов антенны.

Мощность сигнала на входе приемного устройства рассчитывается по формуле

$$P_c = K_{ОП}\ K_{ПП}\ P_б\ K_б\ _p\ _П A\ _u / 4\ r^2 \qquad (13)$$

где $P_б$ – мощность бортового передатчика,

$K_б$ – коэффициент усиления бортовой передающей антенны,

$K_{ОП}$ – коэффициент, учитывающий отличие формы спектра навигационного сигнала от прямоугольной,

$K_{ПП}$ – коэффициент, учитывающий отличие формы АЧХ приемного устройства от прямоугольной,

$_p$ – коэффициент потерь при задержании сигнала в атмосфере,

$_П$ – коэффициент поляризационных потерь,

A – площадь раскрыва приемной антенны,

$_u$ – КИП приемной антенны,

r – наклонная дальность КА – КФП.

Искомая дисперсия шумовой флуктуационной составляющей $K_{Ф0}$ погрешности КНУ выражается соотношением

$$D \approx K_{\phi 0} \frac{1}{q_{вых}} \frac{c^2}{{}_0 d} \qquad (14)$$

Заключение

Основными результатами являются:

1) сформулировано с позиций современной теории оптимального управления динамическими системами понятие базовой метрологической модели навигационного измерительного средства как математического объекта, состоящего из трех компонент:

- детерминированной навигационной функции наблюдений
- детерминированной системной функции наблюдений
- случайной функции погрешностей наблюдений.

2) Для семейства малобазовых (однопунктных) корреляционно-фазовых КФП с электрической связью между антеннами:

- сформулирована совокупность навигационных понятий, а также геометрических, физических и радиотехнических ограничений, в рамках которой произведена разработка метрологической модели,
- получен математический вид навигационной функции наблюдений косинуса направляющего угла (КНУ) КА относительно базы КФП, связывающей в инерциальной геоцентрической системе координат законы движения КА, центра антенного поля и единичного вектора базы с законами распространения навигационного радиосигнала,
- получен математический вид системной функции наблюдения КНУ как суммы главного члена и ряда малых поправок к нему, учитывающих взаимную геометрию КА - КФП, регулярную неоднородность среды и преобразование навигационного сигнала при его прохождении в трактах КФП. Для каждого слагаемого суммы получены обеспечивающие их расчет модельные аналитические выражения. Для малых поправок произведена оценка их максимальных (на рассматриваемом множестве ограничений) значений, позволяющая определить степень их значимости;
- проведена классификация составляющих погрешности наблюдения КНУ по виду источника (причине) возникновения погрешностей и степени их временной корреляции. Для слабокоррелированных составляющих погрешностей получены аналитические выражения для расчета их дисперсий. Для наиболее важных сильнокоррелированных составляющих погрешностей произведена оценка их максимальных (на рассматриваемом множестве ограничений) значений, позволяющая определить степень их значимости.

Библиографический список

1. Шебшаевич В.С. Введение в теорию космической навигации.М.: Советское радио,1971.

2. Решетнев М.Ф., Лебедев А.А., Бартенев В.А. Управление и навигация искусственных спутников Земли на околокруговых орбитах. М.: Машиностроение, 1988.

3. Фалькович С.Е., Хомяков Э.И. Статистическая теория измерительных радиосистем.М.: Радио и связь,1981.

4. Жданюк Б.Ф. Основы статистической обработки траекторных измерений. М.: Сов. радио, 1978.

5. Колосов М.А., Арманд Н.А., Яковлев О.И. Распространение радиоволн при космической связи. М.: Связь, 1969.

6. Суловьев М.Н., Шмельков И.Ф. Рабочая частота корреляционно-фазового радиоинтерферометра. Радиотехнические тетради, 1995, №7. С.62-66.

7. Шмельков И.Ф., Суловьев М.Н., Самойленко В.Н. Однопунктный высокоточный радиоинтерферометр для определения угловых координат космических аппаратов в реальном масштабе времени. Радиотехнические тетради, 1991, №1. С.11-17.

8. Вальшоник К.С., Скрыпник Г.И.,Шмельков И.Ф. К расчету регулярных атмосферных ошибок фазовых систем траекторных измерений. Труды Московского энергетического института, 1985, № 71/1. С.15-21.

9. Скрыпник Г.И., Шмельков И.Ф. Инженерный метод расчета случайных атмосферных ошибок фазовых систем траекторных измерений. Труды Московского энергетического института, 1984, № 625/1. С.13-20.

10. Жданюк Б.Ф. Основы статистической обработки траекторных измерений, М.: Сов. радио, 1978.

УДК 615.832

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РАДИОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА С АСТРОРЕФРАКТОМЕТРИЧЕСКИМ ОБЕСПЕЧЕНИЕМ ТРАЕКТОРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ПОВЫШЕННОЙ ТОЧНОСТИ

Карачевцев А.М., Корощупов О.Н., ОАО НПК НИИДАР, Москва, Россия

В статье рассмотрены актуальные проблемы радиотехнической системы контроля космического пространства с астрорефрактометрическим обеспечением траекторных измерений повышенной точности.

Показаны особенности астрорефрактометрии в радиолокации и ее развитие в ближайшей перспективе.

Рост требований к точности траекторных измерений

Проблема достижения требуемой точности координатно-временных измерений в околоземном воздушно-космическом пространстве была и по-прежнему остается одной из актуальных проблем современной радиолокации.

Особенно актуальна эта проблема как для отдельных радиолокационных средств системы контроля космического пространства (ККП), так и в целом для всей системы воздушно-космической обороны (ВКО) нашей страны.

Эти средства, будучи довольно сложными в техническом отношении, создаются, как правило, в течение нескольких лет. Соответственно из-за стремительности роста требуемой для них точности координатно-временных измерений закладываемые в них точностные характеристики успевают в отдельных случаях устаревать еще до сдачи разрабатываемых комплексов в эксплуатацию.

О динамике роста требований к точности траекторных измерений можно судить в частности, по представленным на рис.1 изменениям этих требований, за прошедший шестидесятилетний интервал времени, с 1955 по 2015г. Из представленных на нем данных видно, что допустимый уровень максимальных ошибок измерений угловых координат по истечении этого периода снизился до десятых долей угловой минуты по сравнению с десятками угловых минут в 1955 году, а при измерениях по дальности допустимый уровень максимальных ошибок за тот же период времени снизился до сотых долей метра (по сравнению с сотнями метров в 1955 г.). Но наиболее заметное ужесточение этих требований произошло за тот же период исследований при определении момента времени измерений координат наблюдаемых КО. Здесь допустимый уровень максимальных ошибок измерений уменьшился к настоящему времени до сотых долей микросекунды (по сравнению с сотнями секунд в начале указанного периода).

Очевидно, что аналогичное ужесточение точностных требований к качеству траекторных измерений будет происходить и в будущем.

Следует заметить, что решение задачи достижения требуемой точности координатно-временных измерений становится возможным лишь при условии периодического проведения работ по минимизации всех составляющих этой общей суммарной погрешности измерений.

К числу основных из этих погрешностей относятся:

-инструментальные погрешности измерений, обусловленные несовершенством элементной базы и измерительных средств, применяемых в создаваемых радиолокационных комплексах;

-погрешности, обусловленные несовершенством методического и

программно-алгоритмического обеспечения проводимых координатно-временных измерений;

-погрешности, обусловленные недостаточной точностью средств топогеодезического и хронометрического обеспечения РЛС, применяемых в процессе проведения траекторных измерений;

-погрешности, обусловленные недостатками метеогеофизического и астрорефрактометрического обеспечения проводимых траекторных измерений.

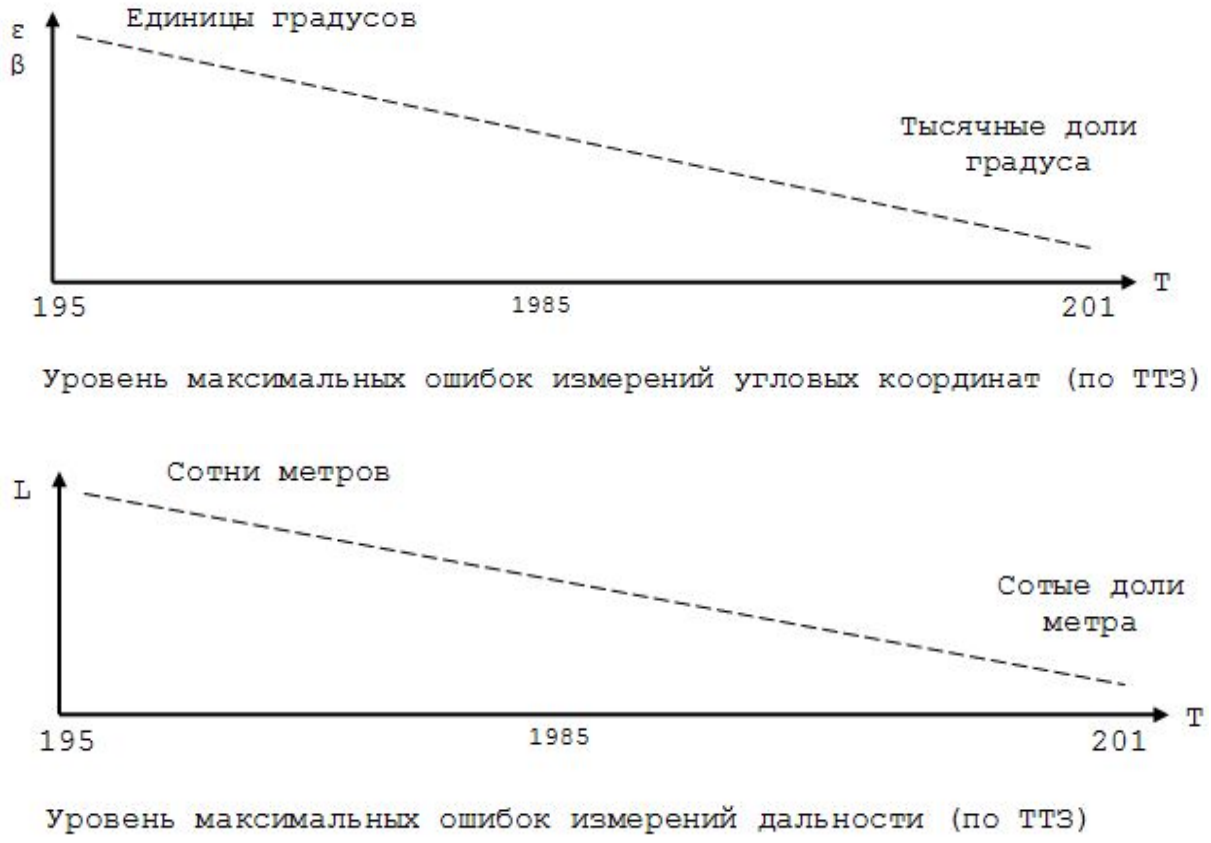


Рис.1 Динамика ужесточения требований к точности траекторных радиолокационных измерений в период с 1955 по 2015 годы (По данным ТТХ РЛС П-8, П-10, Дунай 3У, 70М6, 77Я6-ДМ, 40Ж6, 3К, 45Ж6)

Вопросам минимизации и учета большинства из перечисленных погрешностей уже был посвящен целый ряд работ, направленных на достижение требуемой точности траекторных измерений, но теперь в связи с ростом требований к точности координатно-временных измерений в околоземном пространстве стало необходимым проведение дополнительных исследований в области оценки и учета влияния природной среды на точность проводимых измерений.

Именно поэтому в данной работе значительное внимание уделено астрорефрактометрическому обеспечению траекторных измерений, предусматривающему получение дополнительных поправок к результатам траекторных измерений, в том числе и поправок, компенсирующих влияние атмосферной рефракции радиоволн.

Особенности астрорефрактометрического обеспечения координатно-временных измерений

Результаты исследований позволили сделать ряд обоснованных заключений и рекомендации.

1. Было показано, что при переходе к проведению траекторных измерений повышенной точности физико-математическая основа теории и методологии расчета компенсационных поправок на влияние атмосферной рефракции радиоволн особо существенных изменений не претерпела. Это позволяет использовать в применяемых на практике методиках расчета рефракционных поправок как прежние так и современные методы более точного их расчета.

2. Было установлено, что необходимым условием достижения требуемой точности радиолокационных средств сопровождения КО является наличие в их составе также и современных средств астрорефрактометрического обеспечения измерений, включающих в себя специализированные станции измерений параметров нижних и верхних слоев атмосферы Земли (метеостанции, ионосферные станции), а также программно-алгоритмическое обеспечение расчета рефракционных поправок к результатам траекторных измерений.

3. Кроме того особо было отмечено также, что современная методика расчета компенсационных поправок на влияние атмосферной рефракции радиоволн предусматривает переход к более сложной, но и наиболее близкой к реальной действительности многослойной модели атмосферы Земли, базирующейся на использовании отдельных констант и параметров математической модели стандартной атмосферы (ГОСТ 4401-81) и результатов измерений текущих значений параметров физического состояния атмосферы у поверхности Земли в районе расположения РЛС, контролирующей околоземное пространство.

Рассматривая рефракцию радиоволн в атмосфере Земли как одно из ее природных свойств, отрицательно сказывающихся на качестве проводимых координатно-временных измерений, выделим следующее.

Вследствие рефракции радиоволн, как показано на рисунке 3, отклонение траектории распространения электромагнитных волн в атмосфере Земли от траектории её мнимого прямолинейного распространения на

радиотрассе «РЛК - наблюдаемый объект» на угол рефракции δ, обуславливая тем самым наличие рефракционных составляющих ошибок измерений угловых координат наблюдаемых КО.

Кроме того на той же радиотрассе из-за рефракции радиоволн происходит изменение и скорости распространения излучаемых зондирующих сигналов, порождая тем самым рефракционные составляющие ошибок измерений по времени и дальности до КО.

Суть астрорефрактометрического обеспечения как раз и состоит в определении компенсационных поправок на влияние рефракции для каждого траекторного замера текущих значений зенитного угла наблюдаемого КО, расстояния до КО и моментов времени измерений этих координат.

Расчет значений поправок, компенсирующих рефракционные составляющие ошибок траекторных измерений, осуществляется с применением разработанного в НИИ дальней радиосвязи алгоритма учета влияния атмосферы Земли (УВАЗ) по формулам:

$$\Delta Z = \delta = \sum_{i=1}^{k} \delta_i,\ \Delta L = \sum_{i=1}^{k} \Delta L_i, \Delta t = \sum_{i=1}^{k} \Delta t_i, \qquad (1)$$

где ΔZ, ΔL, Δt-значения рефракционных ошибок соответственно по зенитному углу, по дальности и по времени;

δ_i, ΔL_i, Δt_i-величины i-тых составляющих рефракционных ошибок измерений по углу места, по дальности и по времени, обусловленных влиянием на результаты измерений воздушной среды в процессе прохождения зондирующего радиосигнала каждого i-того слоя атмосферы Земли;

$i = 1, \dots, k, \dots$ - номера электрически нейтральных и ионизированных слоев атмосферы (до 10 слоев), учитываемых в процессе расчета рефракционных ошибок;

k-номер верхнего учитываемого слоя атмосферы.

Формулы для расчета δ_i, ΔL_i, Δt_i приведены в работах [1, 2, 3].

Результаты расчета рефракционных составляющих ошибок траекторных измерений обусловленных влиянием атмосферы в экстремальных условиях, приведены в таблице 1, а результаты их применения в процессе проводимы траекторных измерений приведены на рис. 2.

Точность расчета тропостратосферных рефракционных поправок с применением алгоритма УВАЗ увеличилась в среднем на 25% (по сравнению с ранее применяемыми методами).

В отличии от ранее известных методов точность расчета ионосферных рефракционных поправок может быть весьма высокой при использовании одновременного излучения зондирующих сигналов в двух диапазонах радиоволн-сантиметровом и дециметровом и последующего сравнения их результатов.

Таблица 1

Рефракционные ошибки по дальности ΔL (в метрах)						
Высота h, км Зенит. угол, z угл. град.	0÷60		60÷300		0÷300	
	Тропосферно-стратосферная составляющая		Ионосферная составляющая		Суммарная рефракционная ошибка	
	метры		метры		Метры	
1	2,7		142,3		145,0	
40	3,5		180,1		183,6	
70	7,8		321,0		328,8	
82	19,3		433,7		453,0	
87	51,2		467,8		519,0	
Рефракционные ошибки по зенитному углу δ (в угловых секундах и в угл. минутах)						
Высота h, км Зенит. угол, z угл. град.	0÷60		60÷300		0÷300	
	Тропосферно-стратосферная составляющая		Ионосферная составляющая		Суммарная рефракционная ошибка	
	угл. сек	угл. мин	угл. сек	угл. мин	угл. сек	угл. мин
1	1,2	0,0	0,4	0,0	1,6	0,0
40	57,1	1,0	32,2	0,5	89,3	1,5
70	186,9	3,1	266,4	4,4	453,3	7,6
82	484,1	8,1	692,2	11,5	1176,0	19,6
87	1298,2	21,6	876,2	14,6	2174,4	36,2

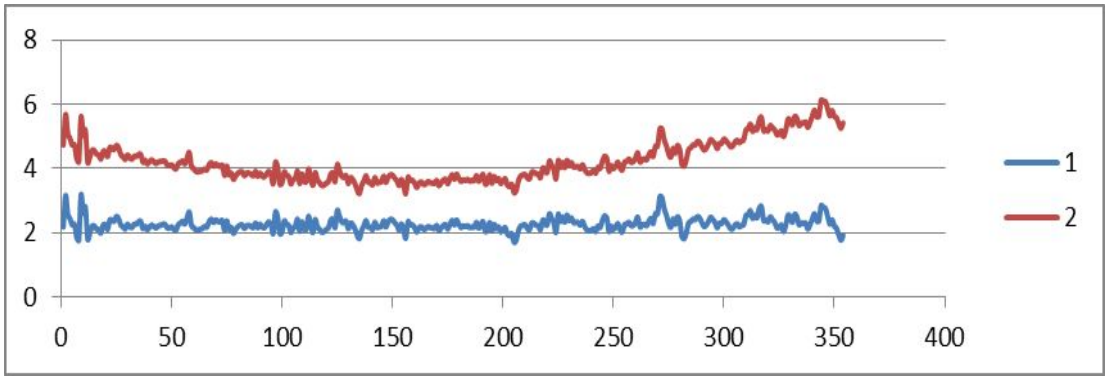


Рис. 2 Фрагмент траекторного сопровождения КО. Верхний график- разность измеренных значений угла места и их эталонных значений (в угловых минутах) от времени (в секундах); нижнийграфик-разность измеренных значений угла места и их эталонных значений (в угловых минутах) от времени (в секундах) с учетом рефракции .

Разница в их показаниях как раз и будет соответствовать ионосферной составляющей рефракционной поправки, поскольку на распространение радиоволн сантиметрового диапазона атмосфера не оказывает своего рефракционного воздействия.

Кроме того здесь как показано в [2, 4], открываются дополнительные возможности для проведения высокоточного мониторинга верхних слоёв атмосферы Земли, для определения текущих значений интегральной электронной концентрации в ионосфере Земли и для определения моментов времени воздействий на ионосферу естественного характера (со стороны Солнца) или искусственного преднамеренного характера в пределах контролируемого пространства.

Выводы

1. Решение задачи высокоточного расчёта достоверных компенсационных поправок на влияние атмосферной рефракции в перспективных РЛС системы контроля космического пространства приводит к понижению порога фундаментальных ограничений, накладываемых атмосферой Земли на точность их координатно-временных измерений КО во всей верхней полусфере околоземного воздушно-космического пространства.

2. Оснащение РЛС системы ККП дополнительной системой рефрактометрического обеспечения и применение в процессе траекторных измерений разработанного в НИИ дальней радиосвязи метода высокоточного расчёта компенсационных поправок на влияние атмосферной рефракции, базирующегося на использовании модели многослойной атмосферы Земли и измеренных текущих значений параметров атмосферы, позволяет существенно повысить точность координатно-временных измерений наблюдаемых КО.

Библиографический список

1. Колосов М. А., Шабельников А. В. Рефракция электромагнитных волн в атмосферах Земли, Венеры и Марса. - М. : Советское радио, 1976, 220 с.

2. Карачевцев А. М., Орёл Т. И., Сорокин В. А. Об основных особенностях и результатах расчёта поправок на атмосферную рефракцию радиоволн при проведении высокоточных радиолокационных измерений угловых координат наблюдаемых объектов. - Воронеж : Труды IX Международной научно-технической конференции «Радиолокация. Навигация. Связь.», 2003, т. 3, 1628÷1639 с.

3. Карачевцев А. М., Орёл Т. И., Сорокин В. А.Об основных особенностях и результатах расчёта поправок на атмосферную рефракцию радио-

волн при проведении высокоточных радиолокационных измерений по дальности в околоземном пространстве. - Воронеж: Труды X Международной научно-технической конференции «Радиолокация. Навигация. Связь.», 2004, т. 3, 1547÷1558 с.

4. Карачевцев А. М. Особенности компенсации влияния атмосферной рефракции радиоволн в высокоточных радиооптических комплексах наблюдения за космическими объектами. - Воронеж : Труды XI Международной научно-технической конференции «Радиолокация. Навигация. Связь.», 2005, т.2,1235÷1246 с.

УДК 621.396

ОЦЕНКА ДВУХ УГЛОВЫХ КООРДИНАТ ИСТОЧНИКОВ ШУМОВЫХ СИГНАЛОВ В ПЛОСКИХ АФАР.

Григоревский Н.В., Кармазина Ю.Т., Красный В.П., Красный Д.В.,
ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», Москва, Россия

Введение. Для пеленгации источников в линейных решетках по одной угловой координате часто используют один из методов «сверхразрешения» [2, 3, 5, 6, 7]. В некоторых случаях можно считать, что высокая разрешающая способность достигается за счет прогноза значений функции за пределы известной области значений. При распространении этих методов на двумерные функции в [1, 5] предлагается развернуть двумерную дискретную функцию в вектор, вычислить его корреляционную матрицу (КМ) и применить один из известных методов высокого разрешения.

Такой подход предложен во многих работах, но обладает рядом недостатков, в частности вычисление КМ случайной функции требует соответствующего числа пространственно-временных выборок.

Целью доклада является представление метода получения пеленгов источников шумовых сигналов по двум угловым координатам с минимизацией количества временных выборок.

При этом решается задача разработки методов оценки пеленгов по двум угловым координатам с исключением ложных с применением оценки одномерных пространственных спектров (пеленгов). Решение поставленной задачи основывается на методах томографии.

Метод исследования. В основе предлагаемого метода положено вос-

становление двумерного пространственного спектра излучения пеленгуемых источников по одномерным проекциям, которые необходимо получить в повёрнутых системах координат. Вопрос получения проекций под разными углами θ при прямоугольном растре дискретизации является достаточно сложным. Сложность получения не только КМ проекции, но и самой проекции для дискретного сигнала при ограниченном растре, обусловлена следующим:

- количество проекций ограничено из-за дискретности углов проецирования;
- дискреты изменения углов проецирования сложно сделать одинаковыми;
- количество дискрет сигнала при получении проекций их КМ различно для различных углов;

Все это в совокупности делает невозможным непосредственно решить поставленную задачу. Поэтому здесь предлагается для получения проекций под разными углами θ в начале по дискретным отсчетам восстановить непрерывную двумерную функцию сигналов в плоскости АФАР, повернуть систему координат, провести дискретизацию и уже по дискретам построить КМ для оценки одномерных пеленгов.

Для восстановления непрерывного сигнала по дискретным отсчетам используется теорема отсчетов (теорема Котельникова). При восстановлении функции в соответствии с теоремой Котельникова дискреты должны быть расположены эквидистантно. Поэтому предлагается следующий алгоритм:

1. По известным дискретам функции с прямоугольной дискретизацией восстанавливаем ее в непрерывном виде.
2. Поворачиваем систему координат на угол θ и дискретизируем полученный сигнал в прямоугольной области с одинаковым интервалом дискретизации для всех систем координат.
3. Вычисляем проекцию КМ в каждой системе координат (повернутой).
4. Используем один из методов «сверхразрешения» для получения спектра проекции.
5. С применением томографических алгоритмов восстановления двумерной функции строим двумерный дискретный спектр.

Такие действия возможны, например, в таком случае, если в квадрат (прямоугольной дискретизации) вписать окружность, в которую, в свою очередь, вписан квадрат, и вычислить все проекции КМ (Рис. 1).

На минимальное количество проекций в определенной степени накладываются ограничения. Приближенно их количество можно определить следующим образом (при равномерном перемещении угла):

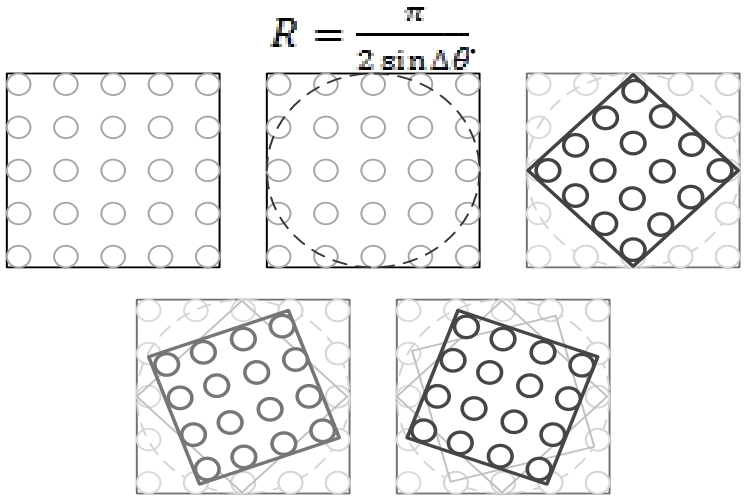


Рис. 1. Примеры области двумерных данных для вычисления корреляционных матриц в повернутых системах координат.

В качестве примера, рассмотрена двумерная функция, которая представляет собой сумму трех двумерных комплексных экспонент. Амплитуда каждой из них принята равной 10. К этим экспонентам добавлен случайный гауссовский процесс с дисперсии $\sigma^2 = 10^{-2}$.

Спектр рассчитывается для нормированных частот. Пространственные частоты спектральных составляющих (пеленги) выбраны следующие: для первой компоненты $\omega_{11н} = 0.10, \omega_{12н} = 0.10$, для второй $\omega_{21н} = 0.15, \omega_{22н} = 0.15$, для третьей $\omega_{31н} = 0.20, \omega_{32н} = 0.20$.

На рис. 2 показан модуль двумерной комплексной функции в виде суммы трех компонент с указанными выше частотами.

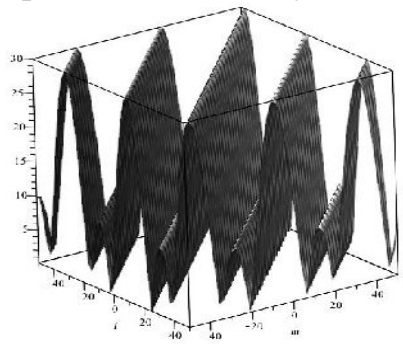


Рис. 2. Модуль рассматриваемой двумерной функции

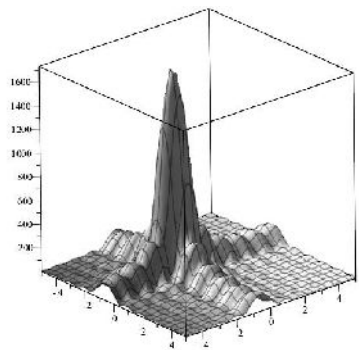


Рис. 3. Преобразование Фурье двумерной функции двумерной функции

На Рис. 3 приведен результат вычисления двумерного преобразования Фурье рассматриваемой функции. На этом примере видно, что двумерное преобразование Фурье не позволяет провести оценку частот спектральных со-

ставляющих функции, соответственно определить пеленги источников шумовых сигналов. Все спектральные составляющие сливаются в один пик. Это является следствием ограниченной протяженности функции по аргументам.

В соответствии с указанными выше значениями параметров компонент на Рис. 2 и Рис. 3 представлены «проекции» двумерного спектра, вычисленные методом максимальной энтропии для исходной системы координат и повернутой.

Для восстановления дискретного спектра двумерной функции использовался один из самых простых томографических алгоритмов реконструкции изображений – алгоритм обратного проецирования [1].

Результат оценки проекции (одномерных пеленгов) и двумерного пространственного спектра представлен на Рис. 4., Рис. 5 и Рис. 6

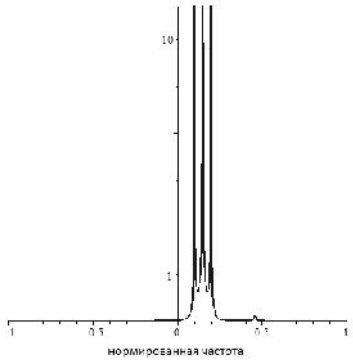


Рис.4. «Проекция» двумерной функции в исходной системе координат

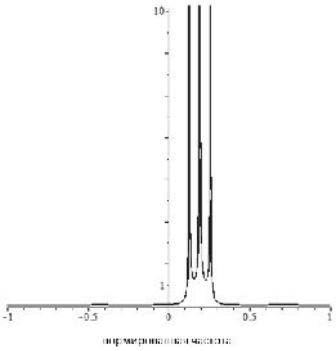


Рис. 5. «Проекция» двумерной функции в повернутой системе координат на угол равный 30°

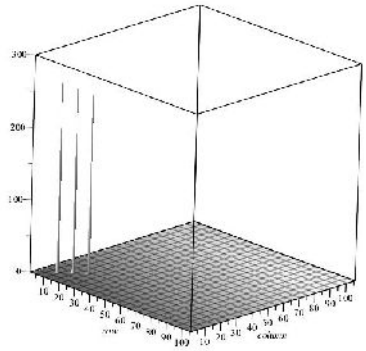


Рис. 6. Оценка двумерного спектра с помощью алгоритма обратного проецирования

Как следует из приведенного примера спектральные компоненты хорошо разрешаются. Следует отметить, что использовалось достаточно большое отношение «сигнал-шум».

Заключение. Предложенный метод пеленгации источников шумовых сигналов в плоских АФАР позволяет практически за одну временную выборку получить состоятельную оценку их двух угловых координат. Это возможно при достаточно большом количестве элементов в АФАР. При достаточно большом количестве проекций метода, пеленгации характеризуются отсутствием ложных пеленгов. Для реализации метода могут быть использованы различные алгоритмы, как получения «проекции» спектра с высоким разрешением, так и различные алгоритмы реконструкции, используемые в томографии.

Библиографический список

1. Даджион Д., Мерсеро Р. Цифровая обработка многомерных сигна-

лов. М.: Мир, 1988.

2. Ратынский М.В. Адаптация и сверхразрешение в антенных решетках. М.: Радио и связь, 2003.

3. Hwang H.K., Aliyazicioglu Zekeriya, Grice Marshall, Yakovlev Anatoly. Direction of Arrival Estimation using a Root-MUSIC Algorithm// Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists. 2008. Vol. II. IMECS 2008, P. 19-21.

4. Srintwasa N., Ramakrishnan K. R. Rajgopal K. Two-dimensional spectral estimation: a radon transform approach// IEEE JOURNAL OF OCEANIC ENGINEERING. 1987. Vol. OE-12, № 1. P. 90-96.

5. Hunsop Hong, Dan Schonfeld. Maximum-entropy expectation-maximization algorithm for image reconstruction and sensor field estimation// IEEE TRANSACTIONS ON IMAGE PROCESSING. 2008. Vol. 17, № 6. P. 897-907.

6. Aweke N. Lemma, Alle-Jan van der Veen, Ed F. Deprettere. Analysis of joint angle-frequency estimation using ESPRIT// IEEE TRANSACTIONS ON SIGNAL PROCESSING. 2003. Vol. 51, № 5. P. 1264-1283.

7. J.-H. Lee, Y. S. Jeong, S.-W. Cho, W.-Y. Yeo, K. Pister. Application of the Newton method to improve the accuracy of TOA estimation with the beamforming algorithm and the MUSIC algorithm// Progress In Electromagnetics Research. 2011. Vol. 116. P. 475-515.

УДК 537.867+523.034.43

ГРАДИЕНТНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ОБЛАСТИ ОБЗОРА БИСТАТИЧЕСКОЙ РЛС

Ксендзук А.В., Ксензук В.М., ОАО «МАК «ВЫМПЕЛ», Москва, Россия

В радиолокационных системах с разнесенными приемниками и передатчиками (бистатических и многопозиционных РЛС) выбор пространственной конфигурации (расположения передающей и принимающей позиции относительно области обзора) существенно влияет на качество обнаружения и сопровождения объектов, [1-2]. Рассмотрим варианты градиентной оптимизации области обзора бистатической РЛС в составе многопозиционной, рис. 1.

Определение координат объектов в такой системе может быть выполнено несколькими способами. В большинстве практических случаев целесообразно использовать угломерно-дальномерный метод, что позволяет определять координаты целей по сигналам широковещательных станций (телевидения и сотовой связи), [2].

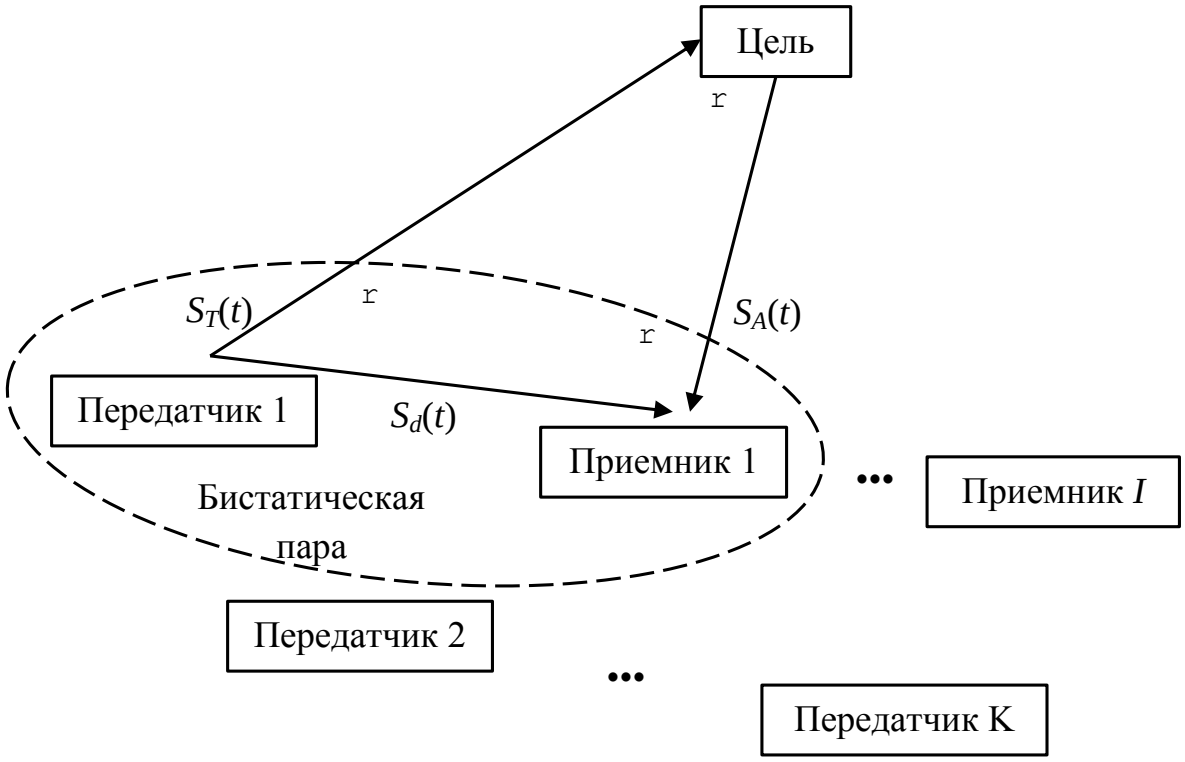


Рис. 1 – Бистатическая РЛС в составе многопозиционной

Полагаем, что координаты передатчика и приемника известны. Обработка выполняется следующим образом:

- в отдельном канале принимается прямой сигнал, этот сигнал используется в качестве опорного при обработке отраженного сигнала в корреляторе;

- по выходным данным коррелятора канала отраженного сигнала определяется разность задержек прямого и отраженного от цели сигнала;

- координаты цели определяются угломерно-дальномерным способом за счет направленных свойств приемной антенны или в результате определения пеленга цели.

В результате корреляционной обработки (сигнал прямого канал используется как опорный) оценивается разность времен задержки сигнала при распространении по трассам передатчик-приёмник и передатчик-приемник-цель $\frac{1}{c}[\mathrm{R_{TAR}} - \mathrm{R_{TR}}]$, где $\mathrm{R_{TAR}} = \|\mathrm{r_T} - \mathrm{r_A}\| + \|\mathrm{r_A} - \mathrm{r_R}\|$, $\mathrm{R_{TR}} = \|\mathrm{r_T} - \mathrm{r_R}\|$, $\|\ \|$ - знак нормы (расстояние).

Критерии качества, позволяющие оценить область D_0, в пределах которой выполняются требования к разрешающей способности, задаются следующими выражениями для градиента к линиям равного запаздывания $grad_{\mathbf{r}}(\ )$:

$$\int_{D_0} |grad\ (\mathbf{r}_T, \mathbf{r}_R, \mathbf{r}_A)|\, d\mathbf{r} \quad P. \tag{1}$$

Угол между линиями градиента и радиус-вектором $\mathbf{r}_0$ из точки приема важен при обеспечении равномерной области пространственного разрешения. Условия, учитывающие угол между векторами могут быть представлены в виде

$$\frac{(grad\ (\mathbf{r}_T, \mathbf{r}_R, \mathbf{r}_A), \mathbf{r}_0)}{\|grad\ (\mathbf{r}_T, \mathbf{r}_R, \mathbf{r}_A)\| \|\mathbf{r}_0\|} \quad P_0, \mathbf{r} \quad D_0, \tag{2}$$

где используются обозначения скалярного произведения векторов $(,)$ и их нормы $\|\ \|$

Если критериями оптимизации служат одновременно модули градиентов и величина угла между ними, то необходимо использовать условия

$$\frac{(grad\ (\mathbf{r}_T, \mathbf{r}_R, \mathbf{r}_A), \mathbf{r}_{0i})}{\|grad\ (\mathbf{r}_T, \mathbf{r}_R, \mathbf{r}_A)\| \|\mathbf{r}_{0i}\|} \quad P_0, \mathbf{r}_0 \quad D_0 \quad . \tag{3}$$
$$\|grad\ (\mathbf{r}_T, \mathbf{r}_R, \mathbf{r}_A)\| \quad P_1, \mathbf{r}_0 \quad D_0$$

Вид линий равного запаздывания (равной разности расстояний $[\mathrm{R_{TAR}} - \mathrm{R_{TR}}]$) и градиента к ним для бистатической РЛС показан на рис. 2.

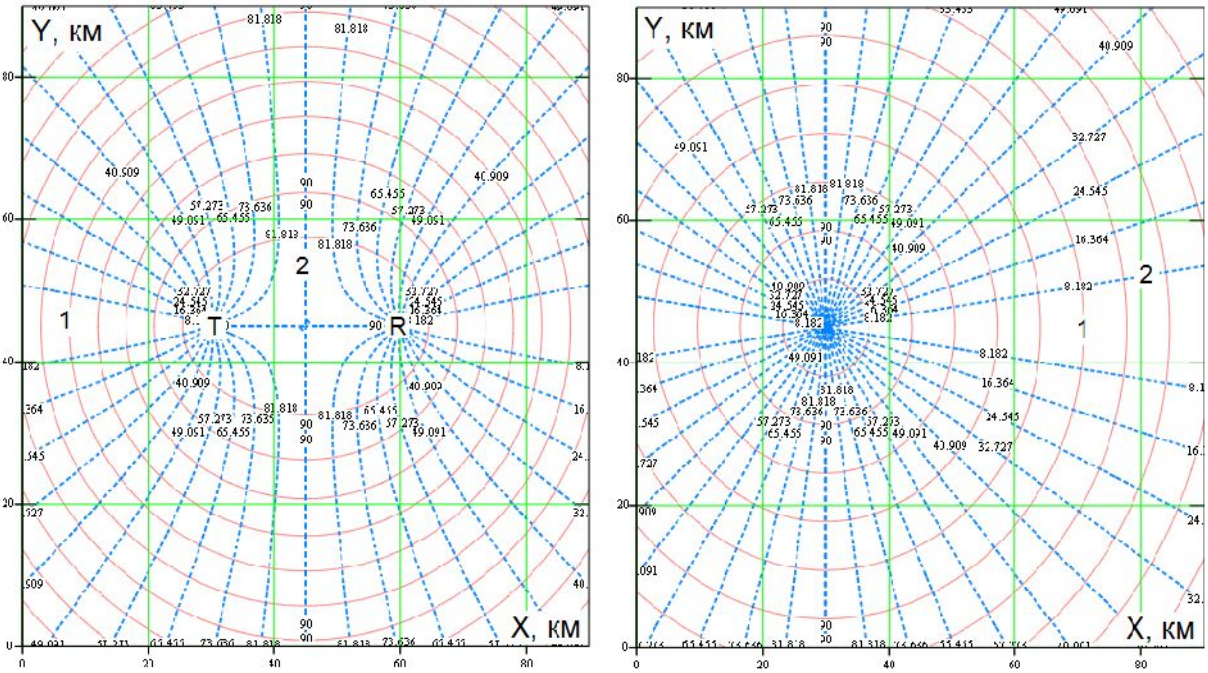


Рис. 2 – Вид линий равного запаздывания (1) и градиента к ним (2) для бистатической (слева, передатчик T и приёмник R) и моностатической (справа) РЛС

Разрешение в дальномерно-угломерной системе в направлении обзора определяется проекцией градиента к линиям равной задержки на радиус-вектор из точки наблюдения (приемной точки), рис. 3.

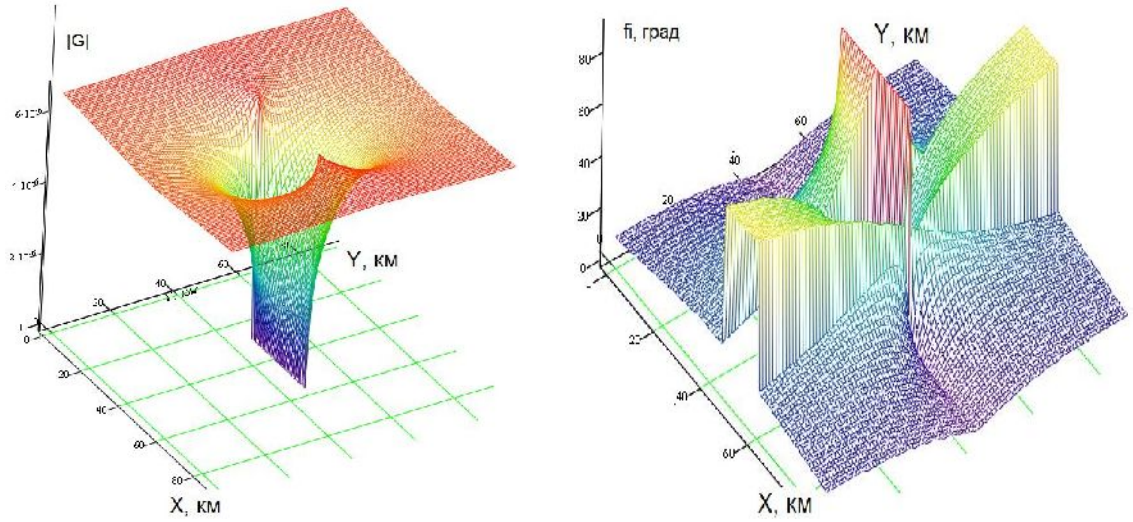


Рис. 3 – Модуль градиента (слева) и угол между градиентом и радиус-вектором из точки приемника (справа) для бистатической РЛС с координатами передатчика (30 км, 30 км) и приёмника (60 км, 30 км)

Для количественного определения ухудшения разрешающей способности относительно моностатической системы, расположенной в передающей точке бистатической РЛС, введем коэффициент K(x,y)= $\left|\frac{1}{\cos[\alpha(x,y)]}\right|$, где $\alpha(x,y)$ –угол между радиус-вектором из точки приемника и градиентом к линиям равного запаздывания. Вид коэффициента ухудшения разрешающей способности показан на рис. 4.

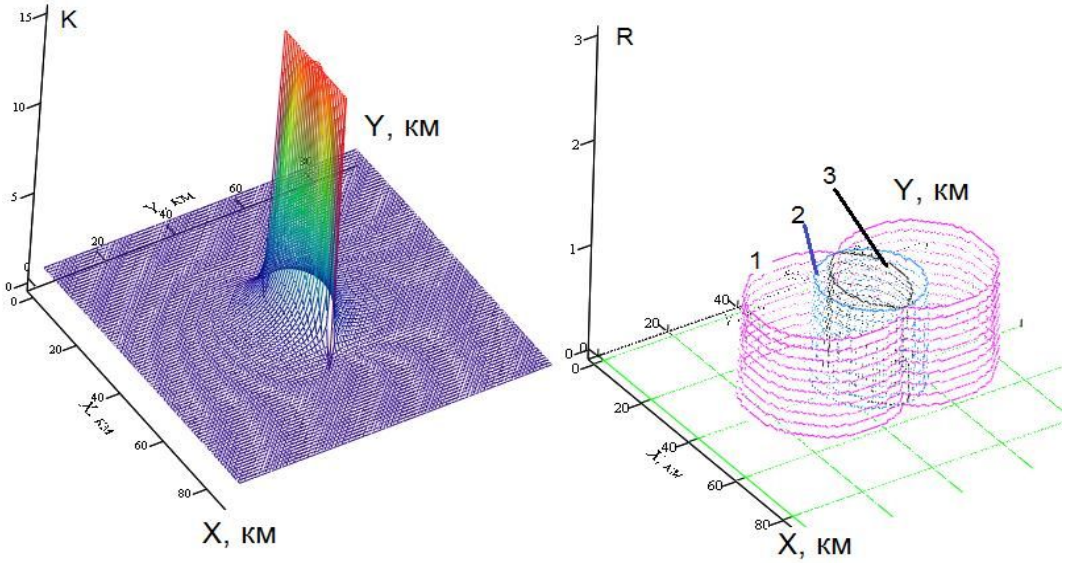


Рис. 4 – Вид коэффициента K(x,y) (слева) и областей, где его значение не превышает 1,1 (область 1), 1,5 (область 2) и 2 (область 3) - график справа

Таким образом, для произвольного расположения передатчика и приемника оценить разрешающую способность можно по известным характеристикам антенной системы приемника с использованием градиентного метода. В отличие от метода непосредственного расчета пространственных функций неопределенности, градиентный метод требует существенно меньших вычислительных ресурсов.

Библиографический список

1. Цифровая обработка сигналов и изображений / Ксендзук А.В., Волосюк В.К., Зеленский А.А., Басараб М.А., Горячкин О.В., Кравенко В.Ф., Кутуза Б.Г., Лукин В.В., Тоцкий А.В., Яковлев В.П. Под ред. В.Ф. Кравченко. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007.-544 с.

2. Ксендзук А.В., Фатеев В.Ф., Новиков В.А. Бистатическая система неизлучающей радиолокации обнаружения объектов по отраженным сигналам систем ТВ вещания. Энергетический потенциал Радиотехника. // Электромагнитные волны и электронные системы. – 2013. – №5. – С. 98-101

3. Ксендзук А.В. Результаты обнаружения летательных аппаратов по сигналам DVB-T2 // 2 Московская Микроволновая неделя. Доклады. ИРЭ РАН им. Котельникова, М., 2014, с 262 – 266.

УДК 621.396

АДАПТИВНАЯ СИСТЕМА СЕЛЕКЦИИ ДВИЖУЩИХСЯ ЦЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ МЕТОДА АВТОРЕГРЕССИИ

Кутепов В.Е. ОАО «Всероссийский НИИ Радиотехники (ВНИИРТ)» Москва, Россия

Введение

Одним из самых важных этапов проектирования РЛС является разработка системы селекции движущихся целей (СДЦ). Классическим решением задачи СДЦ является чересперiодное вычитание (ЧПВ). В ЧПВ применяются постоянные биномиальные весовые коэффициенты и обрабатывается пачка из небольшого числа импульсов. Усложнённым вариантом ЧПВ можно считать многоканальную доплеровскую фильтрацию (МДФ) [1].

Недостатком ЧПВ и МДФ является недостаточная эффективность подавления эхо-сигналов пассивной помехи (ПП) со сложным многомодовым спектром. Решить проблему подавления подобных сигналов позволяет введение в систему СДЦ алгоритмов адаптивной фильтрации, то есть алго-

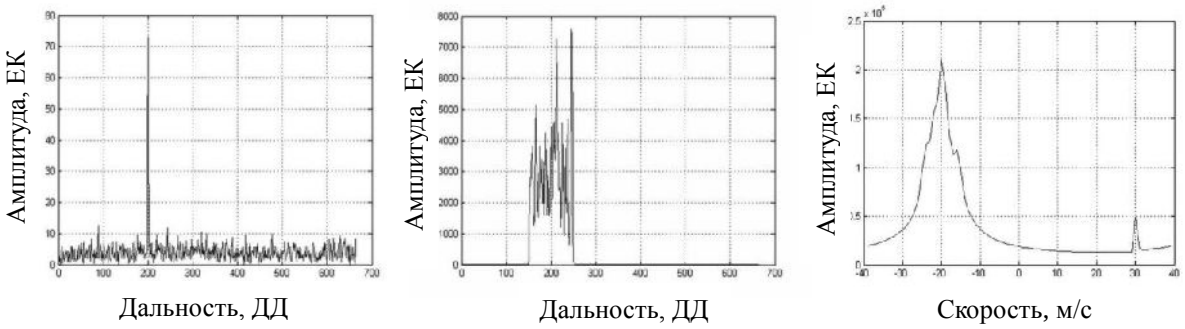
ритмов фильтрации сигнала с весовыми коэффициентами, рассчитанными в реальном масштабе времени на основе оцениваемых параметров мешающих отражений. До последнего времени оцениваемыми параметрами при формировании весовых коэффициентов адаптивных систем СДЦ были модуль и аргумент межпериодного коэффициента корреляции [2]. Прогресс в области высокопроизводительных средств цифровой обработки сигналов дал реализации более совершенных алгоритмов адаптивной фильтрации, в том числе с вычислением коэффициентов авторегрессии. Использование коэффициентов авторегрессии в качестве коэффициентов межпериодного доплеровского фильтра позволяет удалить сигнал пассивной помехи полностью.

В докладе описывается алгоритм формирования весовых коэффициентов адаптивного режекторного фильтра, рассчитываемыми для каждого элемента дистанции с использованием метода авторегрессии с усреднением оценки по дальности.

1. Моделирование

Для оценки работы системы СДЦ проводилась математическое моделирование путём обработки имитируемых пачек импульсов с следующими параметрами: период повторения импульсов: 0,7мс, количество импульсов: 6, длина волны несущей: 0,1м. Частота дискретизации сигнала: 1МГц. (Параметры сигналов не взяты из документации какой-либо РЛС, а выбраны произвольно в диапазоне значений, типичных для РЛС обнаружения сантиметрового диапазона.).

На вход системы СДЦ подавались эхо-сигналы цели и пассивной помехи, как по отдельности (рис. 1а), так и наложенные друг на друга (рис. 1б). Дальность приведена в дискретах дальности (ДД). Амплитуда – в единицах кодирования (ЕК).



а.) б.) в.)

Рис. 1. Эхо-сигналы: а) цели б) пассивной помехи;
в.) спектр смеси цели и ПП

Сигнал ПП имитировался как совокупность отражений в каждом элементе дистанции в области помехи, со скоростями, выбранными внутри заданных границ спектра помехи по нормальному случайному закону. Спектр ПП по дальности не менялся.

На рис. 1в показан спектр смеси эхо-сигналов цель+ПП. Сигнал пассивной помехи: центр -20 м/с, ширина спектра 10 м/с (по уровню -20 дБ). Эхо-сигнал цели - мода на 30 м/с. (Параметры спектра эхо-сигнала удобнее указывать в единицах скорости, поскольку частота несущей – переменный параметр).

2. Система адаптивной фильтрации с использованием коэффициентов авторегрессии с усреднением оценки по дальности

При свёртке сигнала с его вектором коэффициентов авторегрессии получается, при условии правильного выбора порядка авторегрессии, белый шум. Воспользовавшись этим эффектом, можно полностью подавить пассивную помеху с практически любыми спектральными характеристиками. Однако, при этом эхо-сигнал цели подавляется с той же эффективностью, что и помеха. Чтобы добиться пропускания цели, при условии подавления помехи, следует применять оценку спектра по выборкам в окнах справа и слева от обрабатываемого дискрета дальности, то есть использовать протяжённость помехи как отличительный признак. Используя усреднённую оценку, удалось добиться пропускания цели при условии подавления помехи, как в случае наложения эхо-сигналов цели и помехи, так и в случае присутствия этих сигналов на разных дальностях.

При усреднении коэффициентов авторегрессии по дальности путём вычисления среднего арифметического значения (1) на границах области присутствия ПП наблюдается неподавление эхо-сигнала ПП – так называемый «эффект кромки» (рис. 2а).

$$AR = \frac{\sum_{d=dc-w-1}^{dc-1} ar(d) + \sum_{d=dc+1}^{dc+w+1} ar(d)}{2*w}, \qquad (1)$$

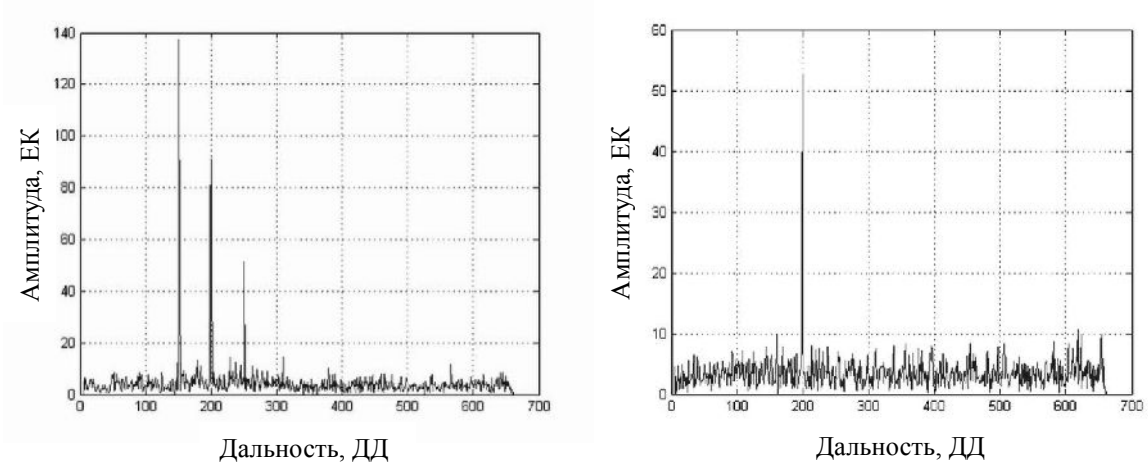
где: AR – суммарная оценка,

ar – оценка по d-му дискрету дальности,

dc – номер обрабатываемого дискрета дальности,

w – размер окна оценки.

На рис. 2а показан результат обработки сигнала, приведённого на рис. 1б. Выбросы на 150 и 250 ДД соответствуют границам области присутствия ПП. Причина их появления – превалирование в области оценки шума, что приводит к тому, что в результирующем фильтре не образуется области подавления в районе спектральных мод пассивной помехи.



а.) б.)

Рис. 2. а.) «Эффект кромки» б.) Отсутствие эффекта при усреднении оценки с весами амплитуд

Для устранения «эффекта кромки» было введено усреднение оценок по дальности с весами амплитуд соответствующих дискретов (2):

$$AR = \frac{\sum_{d=dc-w-1}^{dc-1}(ar(d)*\sum_{i=1}^{KI}a(i,d)) + \sum_{d=dc+1}^{dc+w+1}(ar(d)*\sum_{i=1}^{KI}a(i,d))}{\sum_{d=dc-w-1}^{dc-1}\sum_{i=1}^{KI}a(i,d) + \sum_{d=dc+1}^{dc+w+1}\sum_{i=1}^{KI}a(i,d)}, \qquad (2)$$

Где: d – номер дискрета дальности,

i – номер импульса,

N – количество дискретов дальности, по которым происходит оценка,

KI – количество импульсов,

AR – усреднённая оценка,

ar(d) – оценка по d-му дискрету дальности,

a(i, d) – амплитуда d-го дискрета дальности i-го импульса.

На рис. 2б показан результат обработки пачки с эхо-сигналами цели и пассивной помехи с усреднением коэффициентов авторегрессии с весами амплитуд.

3. Сравнение с неадаптивными алгоритмами СДЦ

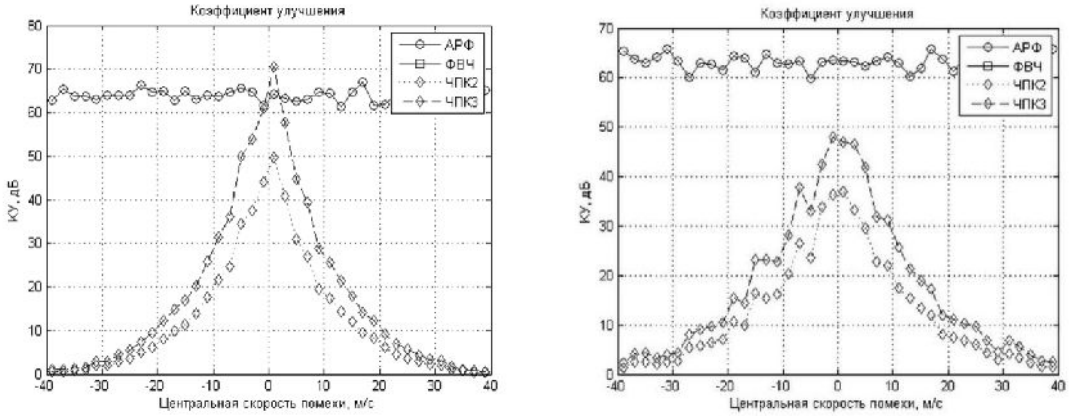
Для сравнения разработанной системы селекции движущейся цели с другими способами СДЦ проводился расчёт коэффициента улучшения видимости цели, определяемый как отношение сигнал/помеха на выходе ССДЦ, делённое на отношение сигнал/помеха на входе ССДЦ. Для сравнения были вычислены коэффициенты улучшения для неадаптивного ФВЧ, а также для двукратной и трёхкратной ЧПК.

На рисунках 3 и 4 приведены коэффициенты улучшения при обра-

ботке пассивной помехи с центральной доплеровской скоростью, задаваемой в диапазоне от -40м/с до +40м/с.

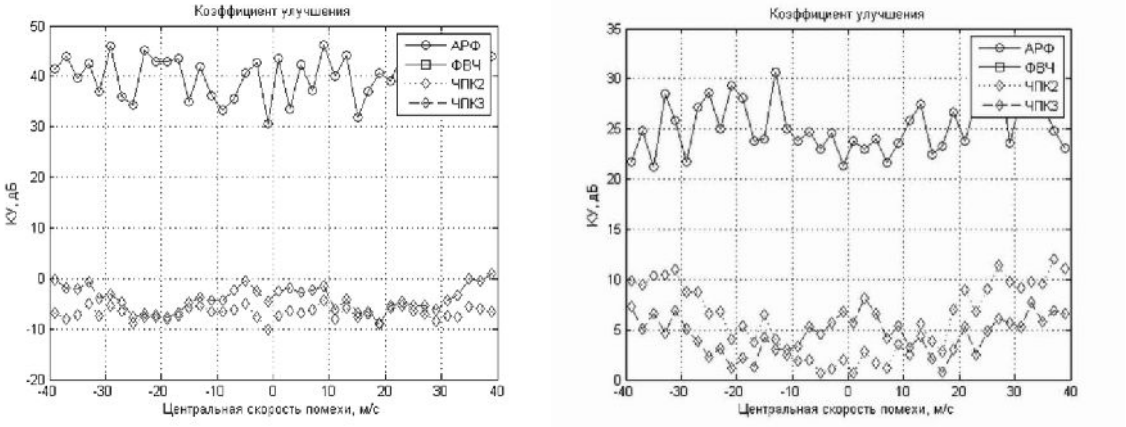
На рис. 3 представлены коэффициенты улучшения в случае пассивной помехи с одномодовым спектром шириной 10м/с (3а), и 20м/с (3б). Ширины спектра брались по уровню -20 дБ.

На рис. 4 показаны коэффициенты улучшения в случае помехи с двухмодовым спектром с центрами мод: -20м/с и 20м/с (4а), и трёхмодовым спектром с центрами мод -20м/с, 0м/с и 20м/с (4б). Ширины мод помехи составляли 10м/с по уровню -20 дБ.



а.) б.)

Рис. 3. Коэффициент улучшения видимости цели на фоне одномодовой пассивной помехи с шириной спектра 10м/с (а) и 20м/с (б)



а.) б.)

Рис. 4. Коэффициент улучшения видимости цели на фоне пассивной помехи с двухмодовым (а) и трёхмодовым (б) спектром

Заключение

По результатам математического моделирования показана возможность создания системы селекции движущихся целей на основе адаптив-

ной межпериодной доплеровской фильтрации с предварительной оценкой спектра обрабатываемого сигнала с усреднением по дальности.

Разработанная адаптивная система СДЦ способна подавить пассивную помеху с разной шириной спектра флюктуаций, в том числе имеющую доплеровское смещение центральной частоты, а также многомодовую, при условии пропускания эхо-сигнала цели.

Библиографический список

1. Бакулев П.А., Степин В.М. «Методы и устройства селекции движущихся целей», Радио и связь, М., 1986г.

2. Бартенев В.Г., Таныгин А.А. «Радиосистемы управления РЛС». М., МИРЭА, 2010г.

3. Сергиенко А.Б. «Цифровая обработка сигналов. Учебник для ВУЗов». СПб.: Питер, 2003г.

4. Bassem R. Mahafza & Atef Z. Elsherbeni. «MATLAB Simulations for Radar Systems Design» Chapman & Hall/CRC CRC Press LLC 2004

5. Vyacheslav Tuzlukov «Signal processing in radar systems». Talor & Francis Group LLC/CRC Press LLC, 2000 N.W. Corporate Blvd., Boca Raton, Florida 33431, 2013.

УДК 621.396.96

ПОВЫШЕНИЕ БЫСТРОДЕЙСТВИЯ СИСТЕМ ФАЗОВОЙ АВТОПОДСТРОЙКИ МЕТОДОМ КОМПЕНСАЦИИ МЕДЛЕННО ЗАТУХАЮЩИХ КОМПОНЕНТ ПЕРЕХОДНОЙ ФУНКЦИИ

Арсеньев Г. Н., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия
Шалаби Н. К., Египет, МГТУ МИРЭА

К автоматическим устройствам в радиолокационных системах и комплексах выполняющим многоцелевые функции постоянно повышается требования к точности и быстродействию процесса автоматического управления. Анализу динамических свойств систем автоматического управления (САУ), методом повышения характеристик точности и быстродействия посвящено достаточно многочисленное количество научных исследований и отдельных работ [1, 2, 4, 5, 6, 7]. В большинстве работ получено достаточно убедительные положительные результаты.

Анализ этих исследований показывает, что возможности систем управления в существенном улучшении показателей качества управления практически исчерпаны. Требование дальнейшего повышения динами- ческих характеристик САУ выдвигает на передний план разработку новых принципов построения и управления, а также их лизацию в современных образцах систем и комплексов.

Рассмотреть на примере системы фазовой автоподстройки (ФАП) с принципом управления по отклонению возможность повышения её быстродействия с помощью введения и синтеза разомкнутого канала управления по задающему воздействию.

Система ФАП с принципом управления по отклонению

Функциональная схема системы ФАП с принципом управления по отклонению приведена на рис.1, а математическая модель системы в виде структурной схемы приведена на рис. 2.

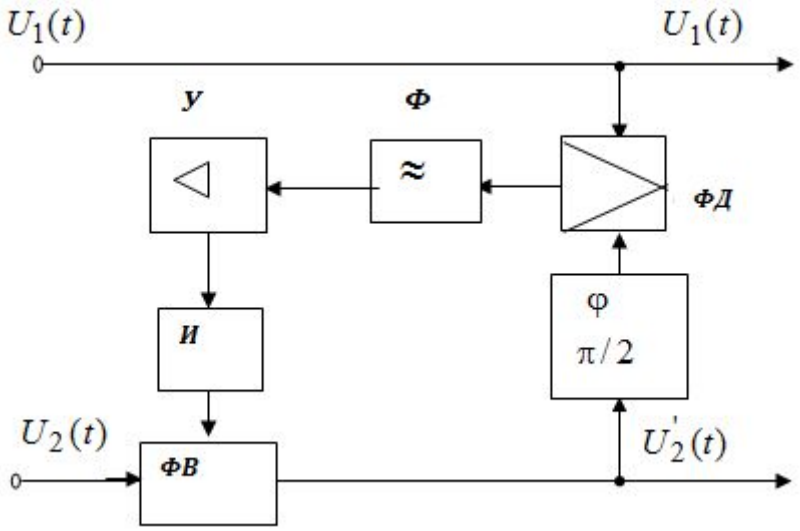


Рис. 1. Функциональная система ФАП с принципом управления по отклонению

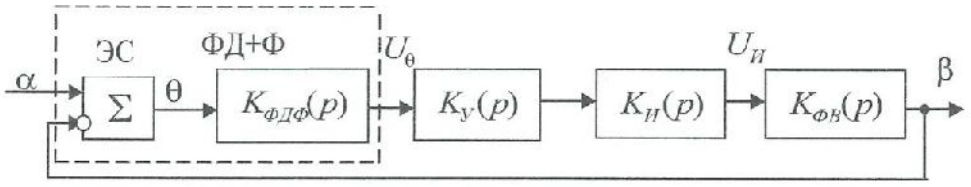


Рис. 2. Структурная схема системы ФАП с принципом управления по отклонению

Передаточная функция фазового дискриминатора с фильтром (рис. 2) имеет следующий вид:

$K_{\text{ФДФ}}(p)\ \dfrac{k_{\text{фдф}}}{T_{\text{ф}}p\ \ 1}$, где $k_{\text{фдф}}\ \ 5$ В/град, $T_{\text{ф}}\ \ 0,03$ с;

уравнение элемента сравнения $\Theta=(\alpha-\beta)$ град;

усилителя $K_{\text{у}}(p)\ \ \dfrac{k_{\text{у}}}{T_{\text{у}}p\ \ 1}$, где $k_{\text{ó}}\ \ 20$, $T_{\text{ó}}\ \ 0,01$ ñ;

интегратора $K_{\text{И}}(p)\ \ \dfrac{k_{\text{и}}}{p}$, где $k_{\text{и}}\ \ 1$ 1/с;

фазовращателя $K_{\text{ФВ}}(p)\ \ k_{\text{фв}}\ \ 0,4$ град/В.

Передаточная функция разомкнутой системы ФАП определяется выражением

$$K_{\text{р}}(p)\ \frac{k_{\text{фдф}}}{T_{\text{ф}}p\ \ 1}\frac{k_{\text{у}}}{T_{\text{у}}p\ \ 1}\frac{k_{\text{и}}}{p}k_{\text{фв}}\ \frac{k_{\text{р}}}{a_0p^3\ \ a_1p^2\ \ a_2p}, \qquad (1)$$

где $a_0\ \ T_{\text{ф}}T_{\text{у}}\ \ 0,0003$; $a_1\ \ T_{\text{ф}}\ \ T_{\text{у}}\ \ 0,04$; $a_2\ \ 1$; $k_{\text{р}}\ \ k_{\text{фдф}}k_{\text{у}}k_{\text{и}}k_{\text{фв}}\ \ 5\ 20\ 1\ 0,4\ \ 40$ 1/с.

Передаточная функция замкнутой системы принимает вид

$$K_{\text{з}}(p)\ \ \frac{K_{\text{р}}(p)}{1\ \ K_{\text{р}}(p)}\ \ \frac{k_{\text{р}}}{c_0p^3\ \ c_1p^2\ \ c_2p\ \ c_3}, \qquad (2)$$

где $c_0\ \ a_0\ \ 0,0003$; $c_1\ \ a_1\ \ 0,04$; $c_2\ \ a_2\ \ 1$; $c_3\ \ k_{\text{р}}\ \ 40$ 1/ñ.

Передаточная функция замкнутой системы ФАП по ошибке определяется выражением

$$K_{\theta\alpha}(p)\ \frac{1}{1\ \ K_{\text{р}}(p)}\ \frac{a_0p^3\ \ a_1p^2\ \ a_2p}{c_0p^3\ \ c_1p^2\ \ c_2p\ \ c_3}\ \frac{D_{\theta\alpha}(p)}{F_{\theta\alpha}(p)}\ \frac{\theta_{\alpha_{\Delta\varphi}}(p)}{\alpha_{\Delta\varphi}(p)}, \qquad (3)$$

где $D_{\theta\alpha}(p)\ \ a_0p^3\ \ a_1p^2\ \ a_2p$; $F_{\theta\alpha}(p)\ \ c_0p^3\ \ c_1p^2\ \ c_2p\ \ c_3$;

Характеристическое уравнение системы имеет вид

$$F_{\theta\alpha}(p)\ \ c_0p^3\ \ c_1p^2\ \ c_2p\ \ c_3\ \ 0. \qquad (4)$$

Корни характеристического уравнения, получим в среде Mathcad:

$p_1\ \ 144,4$; $p_2\ \ 9,475\ \ 32,80\ i$; $p_3\ \ 9,475\ \ 32,80\ i$.

Выражение переходной составляющей ошибки системы имеет вид

$$_{\alpha_{\Delta\varphi}}(t)\ \ A_i\text{e}^{p_it}\ \ A_1\text{e}^{p_1t}\ \ A_2\text{e}^{p_2t}\ \ A_3\text{e}^{p_3t}, \qquad (5)$$

где

$$A_i\ \ \frac{D_{\theta_\alpha}(p)\ 1}{F_{\theta_\alpha}(p)\ p}\Bigg|_{p\ \ p_i}\ \ \frac{a_0p_i^3\ \ a_1p_i^2\ \ a_2p_i^1}{(3c_0p_i^2\ \ 2c_1p_i^1\ \ c_2)p_i^1}\ \ \frac{a_0p_i^2\ \ a_1p_i^1\ \ a_2}{3c_0p_i^2\ \ 2c_1p_i^1\ \ c_2}. \qquad (6)$$

Начальное значение A_i компоненты, соответствующей корню p_i по-

лучим подстановкой в выражение (6) соответствующего значения корня p_i и последующего вычисления A_i.

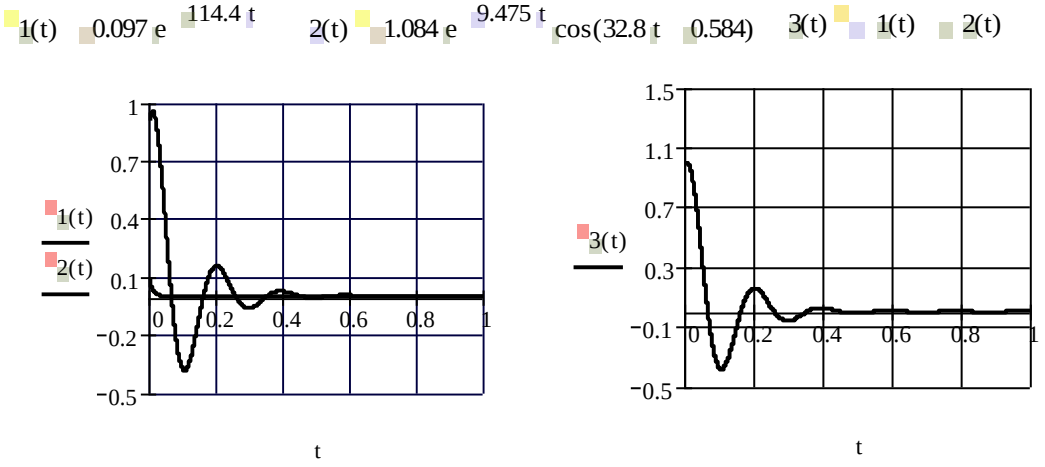
Значения начальных компонент A_1, A_2, A_3, полученные в среде Mathcad имеют вид:

$$A_1 = 0{,}097;\ A_2 = 0{,}452 + 0{,}299i;\ A_3 = 0{,}452 - 0{,}299i. \qquad (7)$$

Переходная составляющая ошибки системы ФАП с принципом управления по отклонению определяется по выражению

$$\theta_{\text{па}}(t) \quad A_1 e^{p_1 t} \quad (|A_2| \quad |A_3|) e^{\alpha t} \cos(\omega t \quad \varphi) \quad 0{,}097 e^{114{,}4t} \quad 1{,}084 e^{9{,}475t} \cos(32{,}80t \quad 0{,}584). \qquad (8)$$

Графическое изображение переходной составляющей, полученное в СКМ Mathcad приведено на рис. 3.



а б

Рис.3. Переходные составляющие ошибки системы ФАП:
а – компоненты переходной составляющей $\theta 1(t)$ и $\theta 2(t)$;
б – результирующая переходная функция $\theta 3(t)$

Из выражения (8) и рис.3 можно сделать, что длительность переходного процесса определяется компонентами с комплексно-сопряженными корнями [кривая $\theta 2(t)$ рис. 3 а]. Слабое затухание результирующей переходной функции определяется малыми значениями действительных частей комплексных корней характеристического уравнения (4) системы ФАП [кривая $\theta 3(t)$ рис. 3 б]. Время регулирования переходного процесса $t_{\text{р}}$ 0,6 с, время установления $t_{\text{у}}$ 0,06 с, перерегулирование $\sigma = 42\%$.

В системе с рассмотренной структурой, при повышении её быстродействия за счёт увеличения коэффициента усиления утрачивается её устойчивость, уменьшаются запасы устойчивости по фазе и амплитуде.

С целью уменьшения длительности переходного процесса системы и тем самым увеличивая её быстродействия, в работе предлагается:

– ввести в систему с помощью разомкнутой связи первую и вторую производные задающего воздействия, в результате получим систему ФАП

с комбинированном принципом управления;

– связь по задающему воздействию вносит в корни характеристического уравнения системы свои параметры, которые будут использованы для компенсации двух комплексно-сопряжённых корней этого уравнения, тем самым устраняя медленно затухающую компоненту переходного процесса;

– разработать эквивалентную структурную схему комбинированной системе эквивалентной системе с дифференциальной связью, определить параметры математической модели корректирующей связи и оценить степень актуального повышения её быстродействия.

Синтез структурной схемы системы ФАП проведем в соответствии с методикой синтеза систем с дифференциальными связями эквивалентных комбинированным системам [2].

Структурная схема системы ФАП с дифференциальной связью приведена на рис. 4.

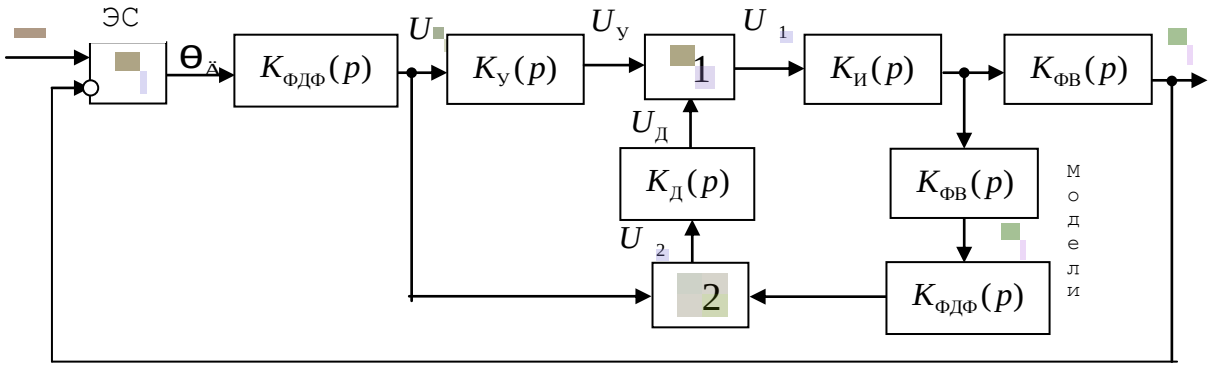


Рис. 4. Структурная схема системы фазовой автоподстройки с дифференциальной связью и принципом управления по задающему воздействию

Система ФАП описывается следующей системой уравнений:

$$\begin{aligned} &\theta_{Д}(p) = \alpha(p) - \beta(p);\\ &U_{1}(p) = K_{ФДФ}(p)K_{У}(p)\theta_{Д}(p) = K_{ФДФ}(p)K_{Д}(p)\theta_{Д}(p) - K_{ФДФ}(p)K_{Д}(p)\beta(p);\\ &\beta(p) = K_{И}(p)K_{ФВ}(p)U_{1}(p). \end{aligned} \quad (9)$$

Передаточная функция по ошибке системы с дифференциальной связью, по определению передаточной функции и уравнениям (9), будет иметь вид

$$K_{\theta_{Да}}(p) = \frac{\theta_{Да}(p)}{\alpha(p)} = \frac{1 - K_{ФДФ}(p)K_{Д}(p)K_{И}(p)K_{ФВ}(p)}{1 + K_{ФДФ}(p)K_{У}(p)K_{И}(p)K_{ФВ}(p)}. \quad (10)$$

В соответствии с выражением (10) построена эквивалентная схема системы ФАП с комбинированным принципом управления, которая представлена на рис. 5.

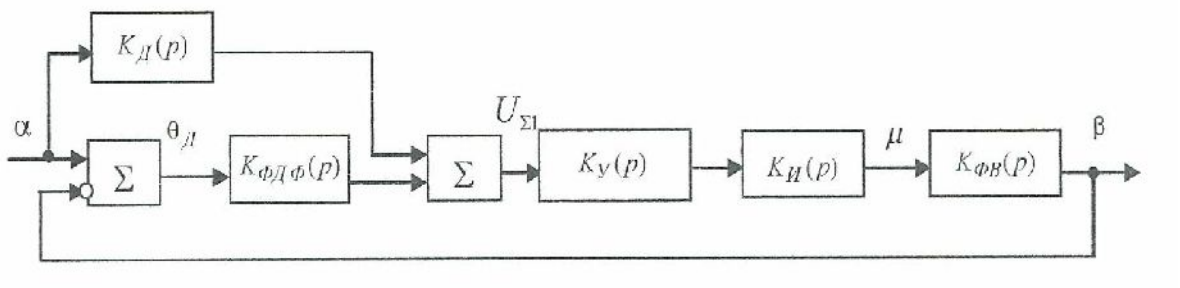


Рис. 5. Эквивалентная структурная схема системы ФАП с комбинированным принципом управления по задающему воздействию

Синтез корректирующего элемента дифференциальной связи в системе ФАП

Передаточная функция по ошибки системы ФАП без дифференциальной связи согласно (3) определяется выражением

$$K_{\theta\alpha}(p) \quad \frac{1}{1 \quad K_{\text{р}}(p)} \quad \frac{a_0 p^3 \quad a_1 p^2 \quad a_2 p}{c_0 p^3 \quad c_1 p^2 \quad c_2 p \quad c_3} \quad \frac{D_{\theta\alpha}(p)}{F_{\theta\alpha}(p)} \quad \frac{\theta_{\alpha_{\Delta\varphi}}(p)}{\alpha_{\Delta\varphi}(p)}. \qquad (11)$$

В соответствии с поставленной задачей для повышения быстродействия системы в переходных процессах применим метод компенсации наиболее медленно затухающих компонент переходных функций. В исходной системе этими компонентами являются компоненты с корнями:

$$p_2 \quad 9{,}475 \quad 32{,}80\ i;\ p_3 \quad 9{,}475 \quad 32{,}80\ i.$$

Для компенсации двух корней необходимо ввести в разомкнутый контур первую и вторую производные от задающего воздействия [2].

В соответствии с этими требованиями физически реализуемая передаточная функция $K_{Ä}(\delta)$ связи по задающему воздействию эквивалент- ной комбинированной системы (рис. 5) должна иметь вид

$$K_{Д_\alpha}(p) \quad \frac{{}_0 p^2 \quad {}_1 p}{(T_{Д_1}\,\text{p} \quad 1)(T_{Д_2}\,\text{p} \quad 1)}. \qquad (12)$$

Характеристическое уравнение эквивалентной комбинированной системы из выражения (11) запишем в виде

$$F_{\theta_к}(p) \quad [(T_ф p \quad 1)(T_у p \quad 1)p \quad k_{фдф} k_у k_и k_{фв}](T_{Д_1} p \quad 1)(T_{Д_1} p \quad 1) \quad 0. \qquad (13)$$

Из характеристического уравнения (13) видно, что постоянные времени $T_{Ä_1}, T_{Ä_2}$ дифференциальной связи не входят в характеристическое уравнение замкнутой системы и не влияют на ее устойчивость. Однако дифференциальная связь вносит новые корни в характеристическое уравнение (13) системы, равные

$$p_{Д_1} \quad 1/T_{Д_1},\ p_{Д_2} \quad 1/T_{Д_2}. \qquad (14)$$

Для того чтобы соответствующие компоненты: $A_{Д_1}e^{p_{Д_1}t}$, $A_{Д_2}e^{p_{Д_2}t}$ переход- ной составляющей не оказывали существенного отрицательного влияния на увеличение длительности переходного процесса эквивалентной комбинированной системы, желательно воспользуемся эмпирическими условиями выбора параметров элементов корректирующей связи [2]:

$$p_{Д_1} \quad 15\alpha_2 \quad 15(\ 9{,}475) \quad 142{,}125;$$
$$p_{Д_2} \quad 20\alpha_3 \quad 20(\ 9{,}475) \quad 189{,}5,$$

где α_2, α_3 наименьшие действительные части корней характеристического уравнения замкнутой части системы ФАП.

В соответствии с выражением (14) определим значения постоянных времени $T_{Д_1}, T_{Д_2}$:

$$T_{Д_1} \quad 1/p_{Д_1} \quad 1/142{,}125 \quad 0{,}007036\ \text{с};$$
$$T_{Д_2} \quad 1/p_{Д_2} \quad 1/189{,}5 \quad 0{,}005277\ \text{с}. \qquad (15)$$

Решение поставленной задачи проведем в следующем порядке [2] расчета:

- раскладываем характеристический полином замкнутой части системы (4) на два сомножителя в соответствии с его корнями p_1 и p_2, p_3:

$$F_{\theta_\alpha}(p) \quad (T_ф \quad 1)(T_у p \quad 1)p \quad k_р \quad T_ф T_у\left(p^3 \frac{T_ф \quad T_у}{T_ф T_у} p^2 \frac{k_р}{T_ф T_у}\right)$$
$$T_ф T_у(p \quad p_1)(p \quad p_2)(p \quad p_3) \quad T_ф T_у F_{01}(p)F_{02}(p), \qquad (16)$$

где $F_{01}(p) \quad (p \quad p_1) \quad p \quad 144{,}4;$

$$F_{02}(p) \quad (p \quad p_2)(p \quad p_3) \quad (p \quad \alpha - \omega i)(p \quad \alpha + \omega i) \quad p^2 \quad 2\alpha p \quad \alpha^2 \quad \omega^2$$
$$p^2 \quad 2(\ 9{,}475)p \quad (\ 9{,}475)^2 \quad (32{,}80)^2 \quad p^2 \quad 18{,}95p \quad 1166.$$

Один из сомножителей $F_{02}(p)$ содержит комплексно-сопряженные корни p_2, p_3, которые необходимо компенсировать.

- учитывая выражение (16), записываем передаточную функцию комбинированной системы $K_{\theta_{Д\alpha}}(p)$ в следующей форме

$$K_{\theta_{Д\alpha}}(p) \quad \frac{M_0(p)F_1(p)}{T_ф T_у F_{01}(p)F_{02}(p)F_{СД_\alpha}(p)}, \qquad (17)$$

или

$$M_0(p) \quad (T_ф p \quad 1)(T_{Д_1} p \quad 1)(T_{Д_2} p \quad 1)p \quad k_{фдф}k_и k_{фв}(\ _0p^2 \quad _1p) \quad a_0p^4 \quad a_1p^3 \quad a_2p^2 \quad a_3p,$$

где $a_0 = 1{,}114 \cdot 10^{-6}$; $a_1 = 4{,}065 \cdot 10^{-4}$;
$a_2 = 4{,}231 \cdot 10^{-2} - 2\tau$; $a_3 = 1 - 2\tau_1$.

$F_1(p) \quad T_y p \quad 1 \quad 0,01p \quad 1;$

$F_{СД_\alpha}(p) \quad (T_{Д_1} p \quad 1)(T_{Д_2} p \quad 1);$

$F_{01}(p) \quad p \quad 144,4; \; F_{02}(p) \quad p^2 \quad 2\alpha p \quad \alpha^2 \quad \omega^2.$

В полином $M_0(p)$ входит полином $D_{СД_\alpha}(p) \quad {}_0p^2 \quad {}_1p$ передаточной функции связи $K_{СД_\alpha}(p)$ по задающему воздействию, не влияющей на устойчивость замкнутого контура системы. Выбирая параметры этого полинома, можно компенсировать комплексно-сопряженные корни характеристического полинома $F_{02}(p)$. Для этого полином $M_0(p)$ разбиваем на два сомножителя $M_0(p) \quad M_{01}(p)M_{02}(p)$. При этом передаточная функция (17) принимает вид

$$K_{\theta_{Д\alpha}}(p) \quad \frac{M_{01}(p)M_{02}(p)F_1(p)}{T_ф T_y F_{01}(p)F_{02}(p)F_{СД_\alpha}(p)}. \qquad (18)$$

Условием компенсации корней полинома $F_{02}(p)$ является равенство полиномов

$$F_{02}(p) \quad M_{02}(p). \qquad (19)$$

В результате деления полинома $M_{02}(p)$ на $F_{02}(p)$ получаем полином $M_{01}(p)$ и остаток

$$\frac{M_0(p)}{F_{02}(p)} \quad (1{,}114 \; 10^{6} p \quad 3{,}854 \; 10^{4}) \quad \frac{(0{,}034 \quad 2_0)p \quad (0{,}051 \quad 2_1)}{p^2 \quad 18{,}95p \quad 1166} \qquad (20)$$

$M_{01}(p) \quad$ *остаток.*

Из выражения (20) можно сделать вывод, что условие компенсации $F_{02}(p) \quad M_{02}(p)$ выполняется, если

$$\text{Остаток} \quad \frac{(0{,}034 \quad 2_0)p \quad (0{,}051 \quad 2_1)}{p^2 \quad 18{,}95p \quad 1166} \quad 0. \qquad (21)$$

Определим параметры дифференциальной связи по задающему воздействию, удовлетворяющие условию (21):

$(0{,}051 \quad 2_1) \quad 0,$ следовательно, $\tau_1 = 0{,}026$ с; (22)

$(0{,}034 \quad 2_0) \quad 0,$ отсюда получаем $\tau_2 = 0{,}017$ с. (23)

Подставив в выражение (18) соответствующие передаточные функции и их параметры, получим передаточную функцию комбинированной системы со связью синтезированной из условия повышения быстродействия системы ФАП

$$K_{\theta_{Д\alpha}}(p) \quad \frac{M_{01}(p)(p)F_1(p)}{T_ф T_y F_{01}(p)F_{СД_\alpha}(p)} \quad \frac{(1{,}114 \; 10^{6} p \quad 3{,}854 \; 10^{4})(T_y p \quad 1)p}{T_ф T_y (p \quad p_1)(T_{Д_1} p \quad 1)(T_{Д_2} p \quad 1)}$$

или после преобразований

$$K_{\theta_{Да}}(p) = \frac{D_{\theta_{Да}}(p)}{F_{\theta_{Да}}(p)} = \frac{a_0 p^3 + a_1 p^2 + a_2 p}{c_0 p^3 + c_1 p^2 + c_2 p^1 + c_3}, \quad (24)$$

где $a_0 = 1{,}114 \cdot 10^{-8}$; $a_1 = 4{,}968 \cdot 10^{-6}$; $a_2 = 3{,}854 \cdot 10^{-6}$;
$c_0 = 1{,}114 \cdot 10^{-8}$; $c_1 = 5{,}4 \cdot 10^{-6}$; $c_2 = 8{,}334 \cdot 10^{-4}$; $c_3 = 0{,}043$.

3) Определяем корни характеристического уравнения.

Характеристическое уравнение имеет вид

$$F_{\theta_{Да}}(p) = c_0 p^3 + c_1 p^3 + c_2 p^1 + c_3 = 0. \quad (25)$$

Решение уравнения проведем в СКМ Mathcad :

$$c0\ p^3 + c1\ p^2 + c2\ p + c3 \ \Big|\ \begin{matrix}\text{solve, p} \\ \text{float, 6}\end{matrix} \rightarrow \begin{matrix}-240.148 \\ -122.296 - 33.4213\,i \\ -122.296 + 33.4213\,i\end{matrix}$$

Переходная составляющая ошибки системы определяется по выражению

$$\theta_{Да}(t) = A_{Д_1} e^{p_1 t} + A_{Д_2} e^{p_2 t} + A_{Д_3} e^{p_3 t}, \quad (26)$$

В соответствии с выражением (7) определяем начальные значения компонент:

$A_1 = -3{,}271$; $A_2 = 2{,}135 - 4{,}517i$; $A_3 = 2{,}135 + 4{,}517i$.

Соответствующие графики компонент и самой переходной характеристики показаны на рис. 6.

$$1(t) := (-3.271)\, e^{(-240.148)\, t}$$

$$2(t) := 2 \cdot 4.996\, e^{(-122.296\, t)} \cos(33.4213\, t + 1.129)$$

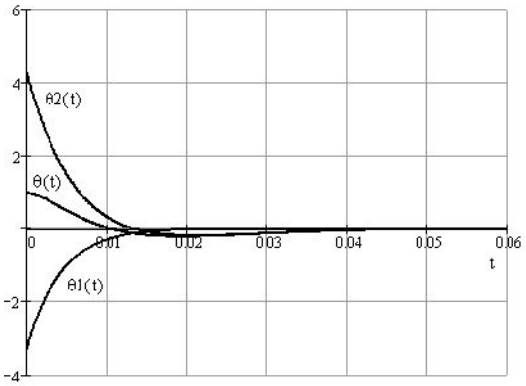


Рис. 6. Компоненты переходной составляющей ошибки

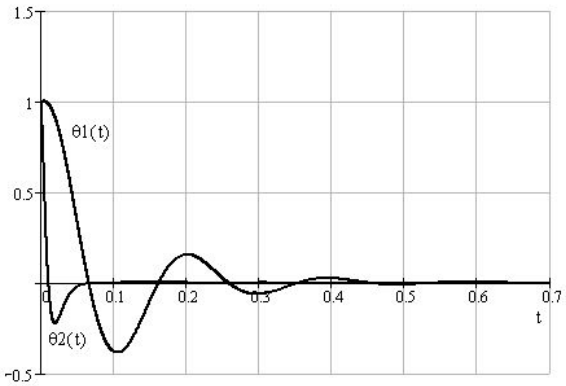


Рис. 7. Переходные функции ошибок системы с принципом управления по отклонению $\theta_{па}(t)$ и системы с дифференциальной связью $\theta_{кпа}(t)$

Качественные показатели переходного процесса синтезированной системы: время установления t_y $0,01$ с, время регулирования t_p $0,06$ с, перерегулирование 21%

Переходный процесс исходной системы и системы с дифференциальной связью для сравнения приведены на рис. 7.

Введение разомкнутого канала управления в систему ФАП в виде дифференциальной связи по задающему воздействию позволило повысить быстродействие системы: время регулирования t_p в 10 раз; время установления t_y в 6 раз; уменьшить перерегулирование в 2 раза. Следовательно, повышение быстродействия системы методом компенсации медленно затухающих компонент переходного процесса системы может применяться в инженерной практике.

В работе установлено, что введение дифференциальной связи по задающему воздействию не изменяет условий устойчивости замкнутых систем, что позволяет изменять структуры и характеристики дифференциальных связей в широком диапазоне.

Показан порядок синтеза эквивалентной структурной схемы системы ФАП с дифференциальными связями и определения математических моделей и их параметров во всех её составляющих блоков.

Библиографический список

1. Арсеньев Г.Н., Войнов В.Д., Шалаби Н. К. , Синтез структуры систем квадратурной фазовой синхронизации радиотехнических средств// Радиотехника. Информационно-измерительные и управляющие системы - 2015. - Т. 19, № 2. .

2. Арсеньев Г.Н., Зайцев Г.Ф., Радиоавтоматика: Учеб. для вузов по направлению «Радиотехника». В 2-х ч. Ч.I: Теория линейных непрерывных систем автоматического управления РЭС. - М.: Радиотехника. 2008. - 480 с.

3. Арсеньев Г.Н., Зайцев Г.Ф., Радиоавтоматика: Учеб. для вузов по направлению «Радиотехника». В 2-х ч. Ч.II: Теория дискретных и оптимальных систем автоматического управления РЭС. - М.: Радиотехника. 2008. - 480 с.

4. Вагапов В.Б. Радиоавтоматика радиоэлектронных систем. - К.: Вища шк., 1988.-351 с.

5. Перов А. И., Замолодчиков В. Н., Чиликин В. М., Радиоавтоматика. – М.: Радиотехника, 2014. – 319 с.

6. John G. Proakis. Digital Communications, 4th edition, McGraw-Hill, 2000.

7. Джон Ж. Прокис. Цифровые коммуникации,4-е издание, Макгро-Хил, 2000.

УДК 621.391.825

АНАЛИЗ СТАТИСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЫХОДНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ И ТОЧНОСТНЫХ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ В МНОГОПОЗИЦИОННЫХ РЛС

Орищук С. Г., Жуков А. О., Институт астрономии РАН,
Окунев Е. В., ОАО «Радиотехнический институт имени академика А.Л. Минца»

Проведен анализ влияния амплитудно-фазовых ошибок приемных каналов на точностные характеристики антенных решеток многопозиционных РЛС. Рассчитаны зависимости математического ожидания и среднеквадратического отклонения оценки угловых координат от мощности сигнала и помехи в элементе антенной решетки и числа элементов.

Analysis of the statistical characteristics of the output power and accuracy parameters of spatial signal processing in multiposition radar.

Orishuk S. G., Zhukov A. O., Okunev E. V.

The analysis of the influence of amplitude and phase errors of receiving channels on accuracy of antenna arrays multiposition radar. Calculated according to the mathematical expectation and mean-square deviation of the estimation of angular coordinates from the signal strength and interference element in the antenna array and number of elements.

Введение

В виду усложнения целей и решаемых РЛС задач, повышения требований к показателям качества функционирования (точности, информативности, помехоустойчивости и т.д.) происходит усложнение структуры и процессов функционирования РЛС. Это приводит к проблемам проектирования и создания новых образцов радиолокационной техники.

Кроме того, современные РЛС должны функционировать и обеспечивать работу потребителя радиолокационной информации (РЛИ) в условиях систематического изменения и усложнения радиолокационной обстановки.

Повышение пропускной способности, многофункциональности и адаптации к изменяющимся условиям работы при полном использовании различий в структуре сигналов и помех приводят к высокой эффективно-

сти решения поставленных задач в современных и перспективных РЛС.

Современные радиолокационные системы должны обладать высокой разрешающей способностью по дальности, угловым координатам, радиальной скорости, что обеспечивается применением сверхширокополосных сигналов, когерентных сигналов большой длительности, антенн со сверх узкими диаграммами направленности, а также применением многопозиционных радиолокационных станций.

Одним из основных путей повышения эффективности функционирования РЛС является объединение отдельных РЛС с общим центром управления и обработки (ЦУО) РЛИ в единую систему.

В настоящее время большое внимание уделяется развитию теоретических и практических методов получения РЛИ в многопозиционных РЛС (МПРЛС). Основная идея многопозиционной радиолокации состоит в том, чтобы эффективнее, чем в обычных однопозиционных РЛС, использовать информацию, заключенную в пространственных характеристиках электромагнитного поля. Однопозиционная РЛС извлекает информацию только из одного малого участка поля, соответствующего апертуре приемной антенны. В МПРЛС информация извлекается из нескольких разнесенных в пространстве участков поля рассеяния цели (или поля излучения источников сигналов), что позволяет существенно повысить информативность, помехозащищенность и ряд других важных, характеристик.

Развитие многопозиционной радиолокации соответствует общей тенденции в технике объединению отдельных технических средств в системы, в которых благодаря совместному функционированию и взаимодействию элементов значительно улучшаются основные характеристики и появляются новые возможности.

Теоретические и экспериментальные исследования адаптивной пространственной обработки, используемой при многопозиционном приеме показали, что ее действительная эффективность во многом определяется различного рода дестабилизирующими факторами. К их числу можно отнести искажения, обусловленные:

- случайными амплитудно-фазовыми ошибками в распределении поля на апертурах антенных решеток, а также в каналах приема каждого из пунктов приема МПРЛС;
- неточностью оценки вектора весовых коэффициентов вследствие ошибок установки вектора ожидаемого направления прихода полезного сигнала.

Влияние случайных амплитудно-фазовых ошибок, которые могут возникать из-за не идеальности характеристик приемных устройств, случайного изменения электрических длин трактов и т. д., на эффективность пространственной обработки довольно широко представлена в литературе.

Все авторы отмечают существенное ухудшение эффективности обработки при данном типе искажений. Но в них, в основном, анализируется влияние указанных ошибок на показатели качества обнаружения полезного сигнала.

Однако наиболее интересными являются аналитические методы анализа влияния амплитудно-фазовых ошибок приемных каналов на точностные характеристики адаптивных антенных решеток, используемых в каждом пункте приема МПРЛС, так как наличие искажений проявляется не только при обнаружении сигнала, но и при измерении параметров сигналов. Для более полного учета влияния таких ошибок целесообразно рассматривать статистические характеристики случайных энергетических параметров на выходе адаптивных систем.

Влияние амплитудно-фазовых ошибок приемных каналов на точностные характеристики адаптивной антенной решетки

При аналитическом исследовании влияния случайных амплитудно-фазовых ошибок будем использовать единую модель их описания в каждом из пунктов приема независимо от их возникновения [1]:

$$\Lambda = \mathrm{diag}\left[(1+a_\ell)\cdot\exp(j\cdot\varphi_\ell)\right] = E\cdot(I+A)$$

где Λ диагональная матрица размерности $(L\times L)$;

a_ℓ относительная величина амплитудной ошибки, вносимой в ℓ-ом канале;

ℓ случайные фазовые сдвиги;

ℓ $1, L$ номер канала антенной решетки.

Основываясь на (2, 3) будем считать, что амплитудные a_ℓ и фазовые ℓ ошибки независимы $M[a_\ell, a_\ell] = 0$, распределены по нормальному закону с нулевыми средними $M[a_\ell] = M[\ell] = 0$, а каналы в каждом из пунктов приема статистически однородны $M[a_\ell^2] = \sigma_a^2$ и $M[\ell^2] = \sigma^2$.

Изменения a_ℓ и ℓ достаточно медленные, по сравнению с длительностью наблюдения сигналов [1] поэтому можно считать, что при оценке корреляционной матрицы входных сигналов имеют место фиксированные амплитудно-фазовые ошибки. Наличие случайных ошибок приводит к искажению пространственной структуры принятых колебаний, которые получают дополнительные фазовые сдвиги и различное усиление (затухание) в каналах. Это явление учтем посредством умножения вектор столбца входных колебаний пунктов приема Y на диагональную матрицу

$$Y = Y,$$

где Y вектор входных колебаний с учетом случайных амплитудно-

фазовых ошибок каналов приема.

Корреляционная матрица помех имеет вид

$$\Phi_{\text{п}} = \overline{Y_{\text{п}}(t) \cdot Y_{\text{п}}(t)},$$

где $Y_{\text{п}}(t)$ вектор-столбец помеховых и шумовых колебаний.

С учетом статистики ошибок корреляционная матрица помех и обратная ей записывается в виде:

$$\Phi_{n\xi} = \Lambda \cdot \Phi_n \cdot \Lambda^* = E \cdot (I + A) \cdot \Phi_n \cdot (I + A) \cdot E^*,$$
$$\Phi_{n\xi}^{-1} = \Lambda^{*-1} \cdot \Phi_n \cdot \Lambda^{-1} = E \cdot (I + A)^{-1} \cdot \Phi_n \cdot (I + A) \cdot E^* \quad (1)$$

В предположении, что амплитудные ошибки принимают малые значения достаточная статистика $\ln \ell_1$ для случая измерения параметров гауссова сигнала при переходе из непрерывной в дискретную область путем замены t на i и T (время наблюдения) на n будет определяться выражением:

$$\ln \ell_1 = \frac{1}{2} \cdot \sum_{i=1}^{n} Y_i^* \cdot \left(\Phi_{\text{п}}^{-1} - \Phi_{\text{сп}}^{-1} \right) \cdot Y_i - \frac{n}{2} \cdot \ln \left(\frac{\det \Phi_{\text{сп}}}{\det \Phi_{\text{п}}} \right) \quad (2)$$

где Y_i вектор выборочных значений смеси полезного сигнала и помех в i-ый момент времени;

$\Phi_{сп}$ матрица смеси сигнала, помех;

n число временных выборок за время наблюдения T.

Оценку параметров сигнала, в частности, угловой координаты источника сигнала, будем находить из уравнения правдоподобия, получаемой из (2) путем дифференцирования по измеряемому параметру [4]:

$$\frac{\operatorname{Re}\left[\sum_{i=1}^{n} S'^* \cdot \Phi_n^{-1} \cdot Y_i \cdot Y_i^* \cdot \Phi_n^{-1} \cdot S \right]}{\sum_{i=1}^{n} S^* \cdot \Phi_n^{-1} \cdot Y_i \cdot Y_i^* \cdot \Phi_n^{-1} \cdot S} - \frac{\operatorname{Re}\left[S'^* \cdot \Phi_n^{-1} \cdot S \right]}{S^* \cdot \Phi_n^{-1} \cdot S} = 0. \quad (3)$$

Здесь S вектор ожидаемого направления прихода полезного сигнала;

S' производная вектора S по параметру.

Левая часть выражения (3), которую обозначим через , представляет собой функцию рассогласования между истинным и ожидаемым направлениями прихода сигнала (дискриминационную характеристику). Причем второе слагаемое в (3) компенсирует смещение из-за влияния внешних источников помех и является существенным при воздействии помехи в пределах главного лепестка диаграммы направленности антенной решетки. Учитывая медленный характер изменения случайных амплитудно-фазовых ошибок во времени, после усреднения выражение (3) преобразуется к виду:

$$\mu = \frac{\mathrm{Re}\left[S'^{*}\cdot\Lambda_1\cdot\left(\Phi_{\text{п}}^{-1}+\Phi_{\text{п}}^{-1}\cdot\Phi_{\text{с}}\cdot\Phi_{\text{п}}^{-1}\right)\cdot\Lambda_1^{*}\cdot S\right]}{S^{*}\cdot\Lambda_1\cdot\left(\Phi_{\text{п}}^{-1}+\Phi_{\text{п}}^{-1}\cdot\Phi_{\text{с}}\cdot\Phi_{\text{п}}^{-1}\right)\cdot\Lambda_1^{*}} - \frac{\mathrm{Re}\left[S'^{*}\cdot\Lambda_1\cdot\Phi_{\text{п}}^{-1}\cdot\Lambda_1^{*}\cdot S\right]}{S^{*}\cdot\Lambda_1\cdot\Phi_{\text{п}}^{-1}\cdot\Lambda_1^{*}\cdot S}. \quad (4)$$

Обозначим первое слагаемое через ξ_1 ξ_1/ξ_2, второе ξ_2 ξ_3/ξ_4, а $\Phi_{\text{п}}^{-1}$ $\Phi_{\text{п}}^{-1}$ $\Phi_{\text{с}}$ $\Phi_{\text{п}}$ C.

Получим аналитические выражения для основных характеристик (математического ожидания и дисперсии) при наличии случайных амплитудно-фазовых ошибок приемных каналов.

Математическое ожидание оценки угловой координаты источника сигнала будем находить, учитывая, что среднее суммы равно сумме средних [5], и линеаризуя функцию [6], из выражения

$$\mathrm{M}[\mu] = \mathrm{M}[\xi_1]/\mathrm{M}[\xi_2] - \mathrm{M}[\xi_3]/\mathrm{M}[\xi_4] \quad (5)$$

Определим величины в (5), например, M ξ_4:

$$M[\xi_4] = M\left[S^{*}\cdot E\cdot\left(I-A+A^2\right)\cdot\Phi_n^{-1}\cdot\left(I-A+A^2\right)\cdot E^{*}\cdot S\right] = \sum_{\ell,m}^{L} S_\ell^{*}\cdot f_{\ell m}\cdot S_m\cdot M\left[\left(1-a_\ell+a_\ell^2\right)\cdot\left(1-a_\ell+a_\ell^2\right)\right]\times \times M\left[e^{j(\varphi-\varphi_m)}\right] \quad (6)$$

где $f_{\ell m}$ элементы обратной корреляционной матрицы помех.

Исходя из принятой статистики случайных ошибок и используя табличный интеграл вида $1/\sqrt{\quad}\,e^{x^2}$ $\mathrm{d}x$ 1 [7], получим выражение для математического ожидания M:

$$M_{\mu} = \frac{\mathrm{Re}\left[K_1\cdot S'^{*}\cdot C\cdot S + K_2\cdot S'^{*}\cdot C\cdot d\,S\right]}{K_1\cdot S^{*}\cdot C\cdot S + K_2\cdot tr\left(C\right)} - \frac{\mathrm{Re}\left[K_1\cdot S'^{*}\cdot\Phi_n^{-1}\cdot S + K_2\cdot S'^{*}\cdot\Phi_n^{-1}\cdot d\,S\right]}{K_1\cdot S^{*}\cdot\Phi_n^{-1}\cdot S + K_2\,tr\left(\Phi_n^{-1}\right)} \quad (8)$$

где $K_1 = \left(1+\sigma_a^2\right)\cdot e^{-\sigma_\varphi^2}$;;

$$K_2 = 1+3\cdot\sigma_a^2+3\cdot\sigma_a^4-\left(1+\sigma_a^2\right)^2\cdot e^{\sigma_\varphi^2};;$$

d означает операцию обнуления недиагональных элементов матрицы.

Для нахождения дисперсии случайной величины используем из-

вестный факт, что дисперсия суммы (разности) двух случайных величин определяется как сумма дисперсий каждого из слагаемых плюс (минус) удвоенная ковариация между ними. Дисперсию каждого из слагаемых будем вычислять из формулы [4, 6]:

$$D[\alpha_1] = D\left[\frac{\xi_1}{\xi_2}\right] = \frac{1}{M^2[\xi_2]} \cdot D[\xi_1] + \frac{M^2[\xi_1]}{M^4[\xi_2]} \cdot D[\xi_2] - 2 \cdot \frac{M[\xi_1]}{M^3[\xi_2]} \cdot \mathrm{cov}(\xi_1, \xi_2), \quad (9)$$

а корреляцию между ними из выражения:

$$\mathrm{cov}\left(\frac{\xi_1}{\xi_2}, \frac{\xi_3}{\xi_4}\right) = \frac{\mathrm{cov}(\xi_1, \xi_3)}{M[\xi_2] \cdot M[\xi_4]} - \frac{M[\xi_3] \cdot \mathrm{cov}(\xi_1, \xi_4)}{M[\xi_2] \cdot M^2[\xi_4]} - \frac{M[\xi_1] \cdot \mathrm{cov}(\xi_2, \xi_3)}{M[\xi_4] \cdot M^2[\xi_2]} + \frac{M[\xi_1] \cdot M[\xi_3] \cdot \mathrm{cov}(\xi_2, \xi_4)}{M^2[\xi_2] \cdot M^2[\xi_4]}, \quad (10)$$

полученного с помощью более точной формулы линеаризации функции нескольких переменных для учета всех перекрестных статистических связей между величинами ξ_i. Для вычисления величин, входящих в (9), (10), к примеру $D[\xi_2]$, применим ее представление через второй начальный момент

$$D[\xi_2] = M[\xi_2^2] - M^2[\xi_2]. \quad (11)$$

Тогда, записывая квадратичные формы в виде сумм случайных чисел, имеем:

$$D[\xi_2] = \sum_{\ell, m, p, q=1}^{L} S_\ell^* \cdot f_{1\ell m} \cdot S_m \cdot S_p^* \cdot f_{1pq} \cdot S_q \cdot K_{\ell m pq} \quad (12)$$

где $f_{1\ell m}$ элементы матрицы C;

$$K_{\ell m pq} = M\left[\left(1 - a_\ell + a_\ell^2\right) \cdot \left(1 - a_m + a_m^2\right) \cdot \left(1 - a_p + a_p^2\right) \times \left(1 - a_q + a_q^2\right)\right] \cdot M\left[e^{j \cdot (\varphi_\ell - \varphi_m + \varphi_p - \varphi_q)}\right] - M\left[\left(1 - a_\ell + a_\ell^2\right) \cdot \left(1 - a_m + a_m^2\right)\right] \times M\left[\left(1 - a_p + a_p^2\right) \cdot \left(1 - a_q + a_q^2\right)\right] \times M\left[e^{j \cdot (\varphi_\ell - \varphi_m)}\right] \cdot M\left[e^{j \cdot (\varphi_p - \varphi_q)}\right]$$

коэффициент, принимающий различные значения в зависимости от набора индексов ℓ, m, p, q.

Подобным образом определяются и другие величины в (9), (10). При этом, однако, необходимо заметить, что при нахождении вторых начальных

(смешанных) моментов для дисперсий D_1, D_3 и ковариации $\mathrm{cov}_{1,3}$ придется вычислять математическое ожидание от произведения реальных частей. В данном случае операции усреднения и взятия реальной части от комплексных величин не перестановочны, поэтому воспользуемся формулой

$$M\left[\mathrm{Re}\eta_1 \cdot \mathrm{Re}\eta_2\right] = 0{,}5 \cdot \mathrm{Re}\left\{M\left[\eta_1 \cdot \eta_2 + \eta_1 \cdot \eta_2^*\right]\right\} \tag{13}$$

С учетом (13) находятся дисперсии D_1, D_3, ковариации, $\mathrm{cov}_{1,3}$ и, подставляя в (9), (10) соответствующие соотношения, получим окончательное выражение для дисперсии случайной величины D [8].

$$\begin{aligned}
D[\mu] = \sum_{t,m,p,q=1}^{L} K_{tmpq} + \Bigg\{ & \frac{1}{2 \cdot M^2[\xi_2]} \cdot \left(S_t'^* \cdot f_{1tm} \cdot S_m \cdot \right. \\
& \cdot S_p'^* \cdot f_{1pq} \cdot S_q + S_t'^* \cdot f_{1tm} \cdot S_m \cdot S_p^* \cdot f_{1pq} \cdot S_q' \left. \right) + \frac{M^2[\xi_1]}{M^4[\xi_2]} \cdot \\
& \cdot S_t^* \cdot f_{1tm} \cdot S_m \cdot S_p^* \cdot f_{1pq} \cdot S_q - 2 \cdot \frac{M[\xi_1]}{M^3[\xi_2]} \cdot S_t'^* \cdot f_{tm} \cdot S_m \cdot \\
& \cdot S_p^* \cdot f_{pq} \cdot S_q + \frac{1}{M^2[\xi_4]} \cdot \left(S_t'^* \cdot f_{tm} \cdot S_m \cdot S_p'^* \cdot f_{mq} \cdot S_q + \right. \\
& \left. + S_t'^* \cdot f_{tm} \cdot S_m \cdot S_p^* \cdot f_{pq} \cdot S_q' \right) + \frac{M^2[\xi_3]}{M^4[\xi_4]} \cdot S_t^* \cdot f_{tm} \cdot S_m \cdot \\
& \cdot S_p'^* \cdot f_{mq} \cdot S_q - 2 \cdot \frac{M[\xi_3]}{M^3[\xi_4]} \cdot S_t'^* \cdot f_{tm} \cdot S_m \cdot S_p^* \cdot f_{pq} \cdot S_q - \\
& - \frac{1}{M[\xi_2] \cdot M[\xi_4]} \cdot \left(S_t'^* \cdot f_{1tm} \cdot S_m \cdot S_p'^* \cdot f_{pq} \cdot S_q + S_t'^* \cdot \right. \\
& \left. \cdot f_{1tm} \cdot S_m \cdot S_p^* \cdot f_{pq} \cdot S_q' \right) + 2 \cdot \frac{M[\xi_3]}{M[\xi_2] \cdot M^2[\xi_4]} \cdot S_t'^* \cdot f_{1tm} \cdot \\
& \cdot S_m \cdot S_p^* \cdot f_{pq} \cdot S_q + 2 \cdot \frac{M[\xi_1]}{M[\xi_4] \cdot M^2[\xi_2]} \cdot S_t^* \cdot f_{1tm} \cdot S_m \cdot \\
& \cdot S_p'^* \cdot f_{pq} \cdot S_q - 2 \cdot \frac{M[\xi_1] \cdot M[\xi_3]}{M^2[\xi_2] \cdot M^2[\xi_4]} \cdot S_t^* \cdot f_{1tm} \cdot S_m \cdot S_p^* \cdot \\
& \cdot f_{pq} \cdot S_q \Bigg\}
\end{aligned} \tag{14}$$

Как указывалось выше, величина представляет собой выходной эффект дискриминаторного измерения и пропорционален угловому рассогласованию между истинным и ожидаемым направлениями прихода полезного сигнала. Результаты расчетов в соответствии с (8) и (14) математического ожидания и среднеквадратического отклонения (СКО) оценки уг-

ловой координаты для различных значений σ_a, σ_φ амплитудно-фазовых ошибок при $L = 8$, мощности сигнала и помехи в элементе антенной решетки $h_c = h_п = 100$ приведены в виде графиков на рис. 1, 2.

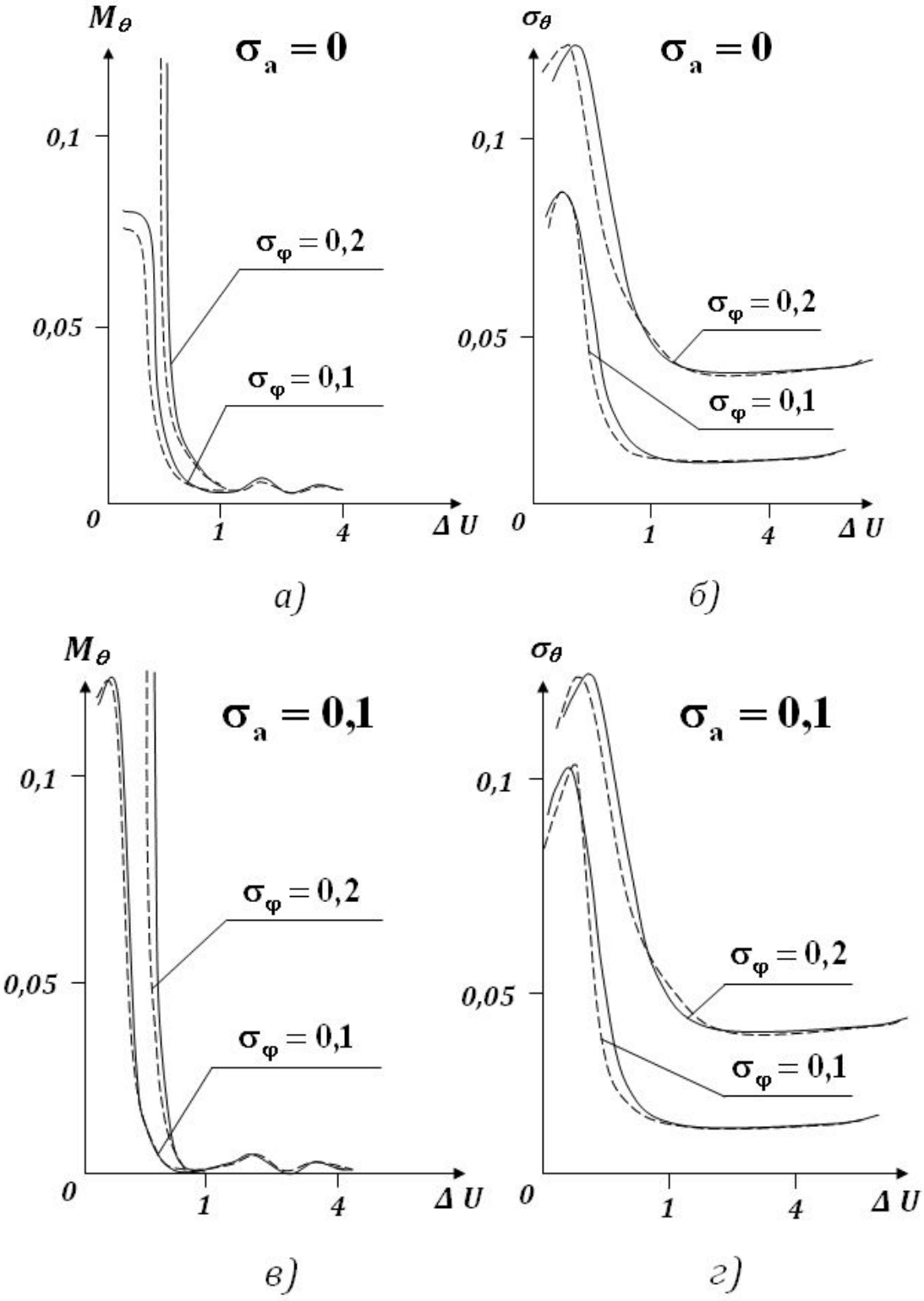


Рис. 1

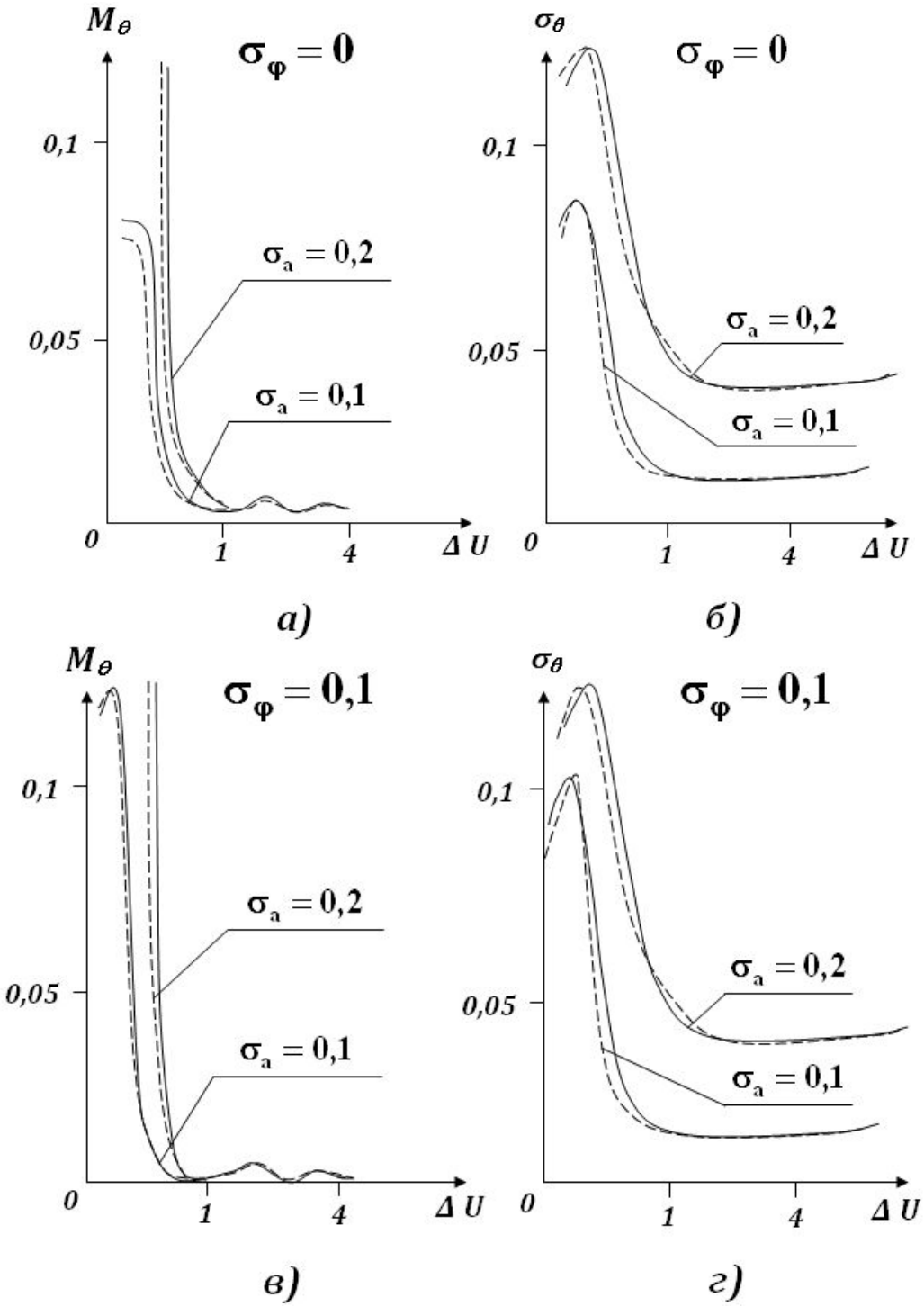


Рис. 2

На рисунках по оси абсцисс отложено угловое расстояние между источниками сигнала и помехи в долях полуширины ДН, по оси ординат также в обобщенных углах математическое ожидание и СКО оценки. Из анализа полученных графиков следует, что систематическая ошибка измерения угловой координаты источника сигнала существенна при вхождении

помехи в главный лепесток ДН АР. И если смещение из-за влияния помех при отсутствии амплитудно-фазовых ошибок компенсируется вторым слагаемым выражения (4), то смещение, обусловленное наличием амплитудно-фазовых ошибок, остается не скомпенсированным. При воздействии помехи по боковым лепесткам, искажения ДН незначительны, поэтому и смещение принимает малые значения.

Флуктуационная составляющая оценки также значительна при воздействии помехи в пределах главного лепестка ДН, особенно при малых угловых расстояниях между источниками, когда нельзя добиться предельно возможного подавления помехи. При увеличении углового расстояния СКО оценки снижаются, однако, в отличие от систематической ошибки, не принимают малых значений, что объяснимо не скомпенсированными остатками помехи из-за нарушения структуры корреляционной матрицы помехи в присутствии амплитудно-фазовых ошибок.

Для оценки числовых характеристик распределения в ходе моделирования вычислялись статистические средние M и дисперсии D случайной величины [9]:

$$M'[\mu] = \frac{\sum_{i=1}^{m} \mu_i}{m}; \quad (16)$$

$$D'[\mu] = \frac{\sum_{i=1}^{m} (\mu_i - M'[\mu])^2}{m-1}, \quad (17)$$

где μ_i значение величины μ, полученное в i-ой реализации.

Значение математического ожидания и среднеквадратического отклонения оценки угловой координаты, полученные в ходе моделирования в соответствии с выражениями (16) и (17), полностью согласуются с результатами расчетов, приведенных на рис. 1, 2 и обозначены на графиках пунктирными линиями.

Выводы

Проведенный выше анализ позволяет предъявить требования к допустимому уровню искажений в приемных каналах.

Так как присутствие амплитудно-фазовых ошибок наряду с увеличением дисперсии приводит к смещению оценки, то для характеристики ее точности целесообразно выбирать более полный показатель, равный сумме дисперсии и квадрата смещения [4]. Кроме того, необходимо учесть, что СКО оценки угловой координаты, полученное согласно (14), характеризует ту часть флуктуационной составляющей оценки измеряемого параметра, кото-

рая появляется только из-за действия амплитудно-фазовых ошибок. Исходя из вышеуказанного, в качестве показателя потерь точности из-за наличия амплитудно-фазовых ошибок можно выбрать следующее отношение

$$\eta = \frac{\delta_{\xi}^{2}\theta}{\delta^{2}\theta} = \frac{\sigma_{\text{пред}}^{2} + \sigma_{\xi\theta}^{2} + M_{\xi}^{2}[\theta]}{\sigma_{\text{пред}}^{2}}, \tag{18}$$

где $^{2}_{\text{пред}}$ дисперсия оценки угловой координаты в отсутствии ошибок;

^{2} дисперсия оценки, вносимая амплитудно-фазовыми ошибками;

M^{2} квадрат смещения из-за наличия ошибок.

Величина $^{2}_{\text{пред}}$ может быть вычислена по формуле [10]

$$^{2}_{\text{пред}} \quad \frac{^{2}\ln \ell_{1}}{^{2}}^{1} \Big/ \quad _{\text{сист}} . \tag{19}$$

Тогда, дифференцируя по параметру выражения (4), являющееся первой производной достаточной статистики, получим следующую формулу для вычисления $^{2}_{\text{пред}}$

$$^{2}_{\text{пред}} \quad \frac{1 \quad h_{c} \quad V \quad \Phi_{\text{п}}^{1} \quad V}{h_{c}^{2} \quad V \quad \Phi_{\text{п}}^{1} \quad V \quad dV \quad \Phi_{\text{п}}^{1} \quad dV \quad \left| V \quad \Phi_{\text{п}}^{1} \quad dV \right|^{2}} \tag{20}$$

Здесь V вектор амплитудно-фазового распределения полезного сигнала;

dV производная вектора V по измеряемому параметру.

Заметим, что в отсутствии внешних источников помех данная формула для предельных дисперсий совпадает с формулой потенциальной точности угловой координаты на фоне белого шума.

График зависимости величины $^{2}_{\text{пред}}$ от углового расстояния между источниками полезного сигнала и помехи в соответствии с формулой (20) при $L \quad 8$, мощностях $h_{c} \quad h_{\text{п}} \quad 100$ показан на рис. 3.

В таблице 1 приведены, вычисленные по формуле (18), допустимые значения СКО амплитудных и фазовых ошибок приемных каналов для различного углового расположения полезного и мешающего источников и различных значений показателя при $h_{c} \quad h_{\text{п}} \quad 100$.

Был проведен анализ зависимости СКО оценки угловой координаты при наличии амплитудно-фазовых ошибок от числа элементов решетки L. Как видно из рис. 4, при больших значениях L СКО оценки практически не зависит от числа элементов АР. Это согласуется с выводами работы [11] о независимости энергетических потерь в присутствии ошибок приемных

каналов от числа элементов АР при L 1.

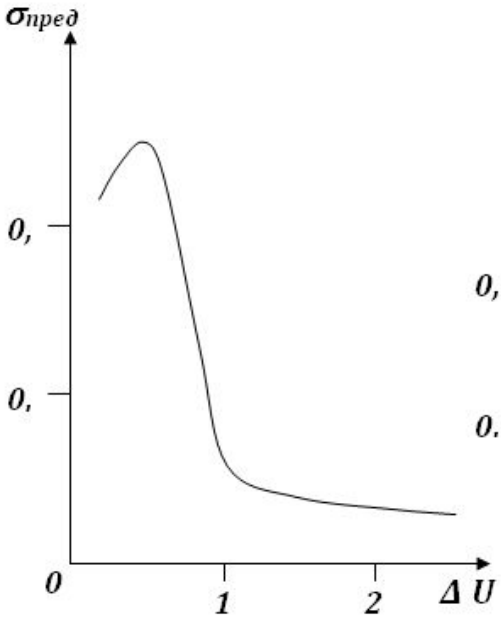


Рис. 3

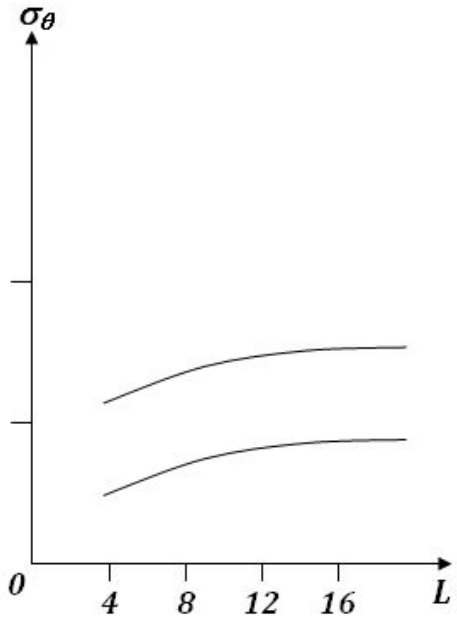


Рис. 4

Таблица 1

	доп, при a 0			доп, при a 0,1			доп, при a 0,2		
Δ U	0,33	0,66	1,5	0,33	0,66	1,5	0,33	0,66	1,5
1,5	0,23	0,44	0,16	0,205	0,44	0,15	0,1	0,4	0,11
1,25	0,19	0,36	0,11	0,16	0,36	0,1	0,04	0,32	0,09

Библиографический список

1. Орищук С.Г. Синтез алгоритмов многопозиционной обработки в условиях частичной междупунктовой декорреляции помех. Статья. - Санкт-Петербург: ВКА им. Можайского. Материалы статей X межведомственной научно-технической конференции. 2007.

2. Орищук С.Г. Алгоритмы обнаружения в условиях полной междупунктовой корреляции помех в многопозиционных РЛС. Статья. − Ярославль: ЯВЗРУ ПВО. Материалы 9 Всероссийской научно-практической конференции. 2008.

3. Юрьев А.И. Об оптимальной пространственной обработке сигналов. Радиотехника. 1968. с. 63 67.

4. Журавлев А.К., Лукошкин А.П., Поддубный С.С. Обработка сиг-

налов в адаптивных антенных решетках. Л.: ЛГУ. 1983. 240 с.

5. Левин Б.Р. Теоретические основы статистической радиотехники. М.: Радио и связь, 1989. 656 с.

6. Дженкинс Г., Ватто Д. Спектральный анализ и его приложения. Пер. с англ. М.: Мир. 1971. Вып. 1. 316 с., 1972. Вып. 2. 228 с.

7. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике. М.: Наука, 1984. 831 с.

8. Павлов В.И., Зайцев Д.В. Помехоустойчивый алгоритм обработки информации в многопозиционной радиолокационной станции //Сб. докладов VI Международной конференции «Радиолокация, навигация, связь», 25 27 апреля 2000. Воронеж: ВГУ, 2000.

9. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. М.: Наука, 1969. 576 с

10. Ван Тойс Г. Теория обнаружения, оценок и модуляции. Пер. с англ. /Под ред. В.Т. Горякова. М.: Сов. радио, 1977, т. 3. 662 с.

11. Свердлик М.Б., Селиванов И.А., Влияние амплитудно-фазовых нестабильностей элементов антенной решетки на эффективность её адаптации. Радиотехника и электроника. 1989, т. 34, Вып. 8, с. 1642 1648

УДК 520.622

РАЗРАБОТКА ШИРОКОУГОЛЬНОГО РАДИОМЕТРА РАДИАЦИОННОГО БАЛАНСА ЗЕМЛИ В ШИРОКОМ СПЕКТРАЛЬНОМ ДИАПАЗОНЕ

Жуков А. О., Института астрономии РАН,
Гедзюн В. С., Института астрономии РАН,
Гладышев А. И., НИЛ ВА РВСН им. Петра Великого,
Захаров А. И., ГАИШ МГУ
Прохоров М. Е., ГАИШ МГУ,
Шахов Н. И., 4-ый Центрального научно-исследовательского института Министерства обороны Российской Федерации,

В статье рассматриваются вопросы создания широкоугольного радиометра радиационного баланса в широком спектральном диапазоне (0,45 – 10 мкм), обеспечивающего регистрацию пространственного (по поверхности земной сферы) исходящих собственной радиации Земли и отраженной солнечной радиации.

Огромная территориальная протяженность России, а также активное освоение новых территорий, делает экономику и население более чувстви-

тельным к гидрометеорологическим явлениям. Темпы климатических изменений особенно заметны в средних и высоких широтах Северного полушария. В итоге задача учета растущего влияния факторов, связанных с климатическими воздействиями на природную среду естественного или антропогенного происхождения, становится одной из важнейших при планировании устойчивого социально-экономического и экологического развития России.

В России в настоящее время накоплен значительный научный опыт в области разработки метеорологических систем и приборов. Особенно интенсивно эти исследования велись в организациях оборонной промышленности, НИИ Министерства обороны, в высших учебных заведениях, а также в ряде институтов РАН.

Главной целью создания глобальных метеорологических систем является получение данных о физическом состоянии атмосферы, суши и Мирового океана, необходимых для прогноза погоды, оценки радиационной обстановки в околоземном космическом пространстве, ледовой обстановки в морях, обеспечения метеорологической информацией авиации, морского транспорта, сельского хозяйства, МЧС. Важнейшая научная задача – изучение изменений климата и окружающей среды, в частности, явлений глобального потепления климата.

Одним из важнейших климатических факторов является баланс энергии, переносимой потоками излучения, у поверхности Земли. Поэтому необходимо проводить глобальные наблюдения радиационного баланса Земли (РБЗ) в различных участках спектра с метеорологических спутников. Это позволит вести непрерывные глобальные наблюдения как отраженной от Земли солнечной радиации, так и собственного теплового излучения Земли.

В качестве целевой аппаратуры метеорологического космического аппарата используется радиометр радиационного баланса в широком спектральном диапазоне.

На рис. 1 схематично приведен принцип работы радиометра радиационного баланса Земли.

За последние время в России не было создано ни одного радиометра радиационного баланса. Существовавшая ранее технология создания подобных радиометров устарела.

Благодаря достижениям в микроэлектронике, приборостроении и вычислительной технике в последние годы в этих системах находят применение новые принципы, методы и алгоритмы измерения энергетических параметров Земли. В частности, используются автоматические измерения болометрическими системами, всё более широко применяются миниатюрные радиометрические системы, создаются более совершенные алгоритмы обработки информации.

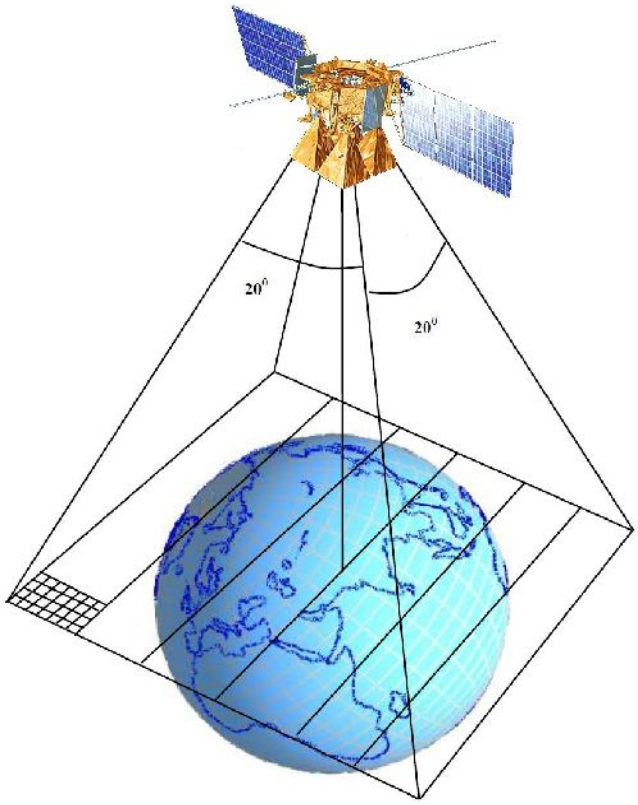


Рис. 1 - Принцип работы радиометра радиационного баланса Земли

Высокие, а зачастую уникальные характеристики современных КА и их систем делают необходимым внедрение в практику радиометрического обеспечения основанного на новейших технологиях (неохлаждаемые микроболометры, матричные КМОП и ПЗС в видимом и ближнем ИК диапазоне, матричные приборы на основе соединений кадмия-ртути-теллура в ИК области спектра и др.). Для повышения точности и достоверности определения распределения интегральной по спектру исходящей собственной радиации Земли и отраженной солнечной радиации требуется включение в КА дополнительных устройств, работающих в различных диапазонах длин волн.

Современные радиометрические устройства и методы обработки получаемых измерений не в полной мере удовлетворяют требованиям к перспективным метеорологическим КА.

Болометрические системы в диапазоне 0,45 – 10 мкм в настоящее время в России серийно не производятся. Только страны: США, Великобритания, Израиль, Франция, Китай и Канада производят болометры в диапазоне от 2 до 10 мкм, в основном, для целей охранных и военных структур (тепловизоры).

В таблице 1 приведено сравнение характеристик фотонных и тепловых детекторов.

Таблица 1

Характеристики фотонных и тепловых детекторов.

Параметр	Фотонный детектор	Тепловой детектор
Чувствительность	Высокая	Низкая
Интегральная чувствительность	Средняя	Высокая
Спектральная чувствительность	Узкая и избирательная	Широкая и однородная
Время отклика	Малое	Значительное
Рабочая температура	Криогенная	Комнатная
Стоимость	Высокая	Низкая
Прочие требования	Система охлаждения	Затвор

Чувствительность современных болометров не превышает нескольких десятых градуса Кельвина. Это не позволяет использовать их для измерения локальных областей РБЗ.

Вместо болометрического радиометра радиационного баланса можно использовать несколько матричных фотометров видимого и ИК диапазонов, обладающими специфическими кривыми реакции, – мультифотометр.

С учетом изложенного весьма актуальным представляется разработка радиометра РБЗ, а также новых методов и алгоритмов для получения и обработки информации в нем, обеспечивающих повышение точности радиометрического обеспечения в условиях активного воздействия факторов внешней среды.

Рассмотрим требования к разрабатываемым приборам:

1. Спектральные диапазоны:

- видимый и ближний ИК (0,45-0,9 мкм);
- ближний ИК (0,7-1,5 мкм);
- средний ИК (1,5-5,6 мкм);
- дальний ИК (5,6–12 мкм и далее).

2. Тип ФПУ:

- матричные с размерами не менее 1024×1024 для видимого и ближнего ИК реализованные по технологиям ПЗС и КМОП;
- сборки матричных ФПУ для широкоугольных объективов видимого и ближнего ИК;
- ВЗН линейки видимого и ближнего ИК с размерами не менее 2000 ЧЭ (чувствительных элементов);
- многоспектральные матричные и линейные ФПУ видимого и ближнего ИК диапазонов с числом спектральных полос 3–4 (в т.ч. ВЗН);
- матричные ФПУ среднего ИК диапазона с размерами не менее

256х256 ЧЭ, реализованные на основе интегрированных структур и диодных сборок;

– ФПУ линейки среднего ИК диапазонов с размерами не менее 1000 ЧЭ

– многоспектральные матричные и линейки ФПУ среднего ИК с количеством спектральных полос 3-4.

Основными проблемными вопросами создания подобных систем, требующими разработки новых нетрадиционных методов решения, являются:

– создание новых матричных мультифотометров, на отечественной ЭКБ;

– использование охлаждаемых (80°К) фотометрических матричных приборов вместо болометров.

В итоге, можно сказать, что повышение точности и ширины спектрального диапазона радиометров РБЗ, за счет разработки на основе систем фотометров прибора (мультифотометра), выполняющего функции болометра в широком спектральном диапазоне, позволит создать широкоугольный радиометр радиационного баланса в широком спектральном диапазоне (0,45 – 3,6 мкм).

Библиографический список

Zakharov A.I., Prokhorov M.E., Tuchin M.S., Zhukov A.O. Minimum Star Tracker Specifications Required to Achieve a Given Attitude Accuracy. Astrophysical Bulletin. Том 68. № 4. с. 371-383 DOI. 2014

Зуев В.Е., Титов Г.А. Современные проблемы атмосферной оптики. Т. 9 / Оптика атмосферы и климат // М.: Гидрометеоиздат. 1996. 272 с. ISBN: 5-7692-005-7

Скляров Ю.А. Радиационные воздействия на климатическую систему и их роль в формировании климата / Матер. Всерос. научн. конф., посвященной 200-летию Казанского университета // Казань: изд. Казанского университета. 2004. С. 381-383

Скляров Ю.А., Фомина Н.В., Котума А.И., Семенова Н.В. Альбедо, поглощенная солнечная радиация и уходящая длинноволновая радиация по материалам атласов NASA США // Известия Саратовского университета. Серия Науки о Земле. 2009. Вып. 1. Т. 9. С. 44-55.

Хромов С.П., Петросянц М.А. Метеорология и климатология. М.: Изд-во МГУ. 1994. 520 с.

Kandel R.S., Viollier M., Raberanto P. et. al. The ScaRaB Earth Radiation Budget Dataset // Bull. Amer. Meteorol. Soc. 1998. Vol.79. №5. P.765-783.

Lee III R.B., Barkstrom B.R., Smith G.L. et. al. The clouds and the Earth's radiant energy system (CERES) sensors and preflight calibration plans // J. Atmosp. Ocean Techn. 1996. V.13. №2. P.300-313.

УДК 621.396

О СПОСОБЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ПОДВИЖНОГО ОБЪЕКТА ПРИ НАВИГАЦИОННЫХ ИЗМЕРЕНИЯХ

Тельный А.В., Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых

В предлагаемом способе определения местоположения (координат) движущихся объектов при навигационных измерениях на основе динамических свойств объекта прогнозируется область пространства возможного местоположения объекта в момент последующих навигационных измерений. Скорректированным местоположением объекта в пространстве при последующих навигационных измерениях считается пересечение областей пространства последующих навигационных измерений с прогнозируемыми областями.

Пусть $x; y; z$ - истинные координаты объекта в базовой системе координат, связанной с центром масс объекта, а $\bar{x}; \bar{y}; \bar{z}$ -результаты навигационного измерения его местоположения в какой-то момент t.

Предположим, что при навигационных измерениях выполняются следующие условия: - погрешность каждого последующего и сами значения измерений не зависят от результатов предыдущих измерений и их погрешностей, они статистически независимы; - погрешность каждого измерения не зависит от местоположения объекта в пространстве, либо такой зависимостью в рамках нескольких последовательных измерений координат можно пренебречь и полагать, что $h_x; h_y; h_z$ $const$ при нескольких последовательных навигационных измерениях. Пусть по данным результатов навигационных измерений в момент времени t задана область проить в дискретном виде как Λ $\{(\bar{x}$ $h_x)$ $m\Delta x; (\bar{y}$ $h_y)$ $n\Delta y; (\bar{z}$ $h_z)$ $k\Delta z\}$, где m=0…M=2h$_X$/ x; n=0…N=2h$_Y$/ y; k=0…K=2h$_Z$/ z; m; n; k -целые числа (индексы разбиения по координатам). Значения $h_x; h_y; h_z$ - максимальная погрешность измерения координат движущегося тела с вероятностью не менее p(0,95), т.е. $|\bar{x}$ $x_1|$ $h_x; |\bar{y}$ $y_1|$ $h_y; |\bar{z}$ $z_1|$ h_z с вероятностью p(0,95); x; y; z- интервалы разбиения (можно трактовать как интервалы разбиения для обеспечения необходимой точности дискретизации пространства). Рассмотрим последовательные навигационные измерения в моменты времени t_1 t_n определяющие области пространства Λ_1 Λ_n местоположения

объекта в моменты времени t_1 t_n:

$$\Lambda_1 \begin{matrix} (\bar{x}_1 \; h_x) \; m\Delta x; \\ (\bar{y}_1 \; h_y) \; n\Delta y; \\ (\bar{z}_1 \; h_z) \; k\Delta z; \end{matrix} \; ..... \Lambda_n \begin{matrix} (\bar{x}_n \; h_x) \; m\Delta x; \\ (\bar{y}_n \; h_y) \; n\Delta y; \\ (\bar{z}_n \; h_z) \; k\Delta z; \end{matrix}$$

$\bar{x}_1 .... \bar{x}_n ; \bar{y}_1 .... \bar{y}_n ; \bar{z}_1 .... \bar{z}_n$ - данные навигационных измерений в моменты времени t_1 t_n. Для прогнозирования области каждого последующего навигационного измерения $\Lambda_{ïÐ}$ выбираются параметры ограничения местоположения объекта из-за его динамических свойств, в качестве которых могут выступать: - максимальная скорость и ускорение (в зависимости от задач могут быть вертикальная и горизонтальная, курсовая и снижения, прочие линейные и угловые скорости и ускорения); - максимальное изменение угла азимута (или рыскания); угла места (или крена) или прочие параметры. Обобщенные условия ограничения местоположения объекта по данным навигационных измерений и динамических свойств объекта можно записать так:

$$\begin{matrix}
\frac{\sqrt{(x_2 \; x_1)^2 \; (y_2 \; y_1)^2 \; (z_2 \; z_1)^2}}{\Delta t} \; V_{K\,MAX}\,|_{t\;t_2}; \\
\frac{\sqrt{(x_3 \; x_2)^2 \; (y_3 \; y_2)^2 \; (z_3 \; z_2)^2}}{\Delta t} \; V_{K\,MAX}\,|_{t\;t_3}; \\
\frac{\sqrt{(x_3 \; x_2)^2 \; (y_3 \; y_2)^2 \; (z_3 \; z_2)^2}}{\Delta t^2} \; \frac{\sqrt{(x_2 \; x_1)^2 \; (y_2 \; y_1)^2 \; (z_2 \; z_1)^2}}{\Delta t^2} \; a_{K\,MAX}\,|_{t\;t_3}; \\
\frac{z_2 \; z_1}{\Delta t} \; V_{\mathrm{B}\,MAX}\,|_{t\;t_2}; \\
\frac{z_3 \; z_2}{\Delta t} \; V_{\mathrm{B}\,MAX}\,|_{t\;t_3}; \\
\frac{z_3 \; z_2}{\Delta t^2} \; \frac{z_2 \; z_1}{\Delta t^2} \; a_{B\,MAX}\,|_{t\;t_3}; \\
arctg(\frac{(z_2 \; z_1)}{\sqrt{(x_2 \; x_1)^2 \; (y_2 \; y_1)^2 \; (z_2 \; z_1)^2}}) \; \Theta_{MAX}\,|_{t\;t_2}; \\
arctg(\frac{(z_3 \; z_2)}{\sqrt{(x_3 \; x_2)^2 \; (y_3 \; y_2)^2 \; (z_3 \; z_2)^2}}) \; \Theta_{MAX}\,|_{t\;t_3}; \\
arctg(\frac{\sqrt{(y_2 \; y_1)^2 \; (x_2 \; x_1)^2}\cos\Theta_{MAX}\,|_{t\;t_2}}{\sqrt{(x_2 \; x_1)^2 \; (y_2 \; y_1)^2 \; (z_2 \; z_1)^2}}) \; \Psi_{MAX}\,|_{t\;t_2}; \\
arctg(\frac{\sqrt{(y_3 \; y_2)^2 \; (x_3 \; x_2)^2}\cos\Theta_{MAX}\,|_{t\;t_3}}{\sqrt{(x_3 \; x_2)^2 \; (y_3 \; y_2)^2 \; (z_3 \; z_2)^2}}) \; \Psi_{MAX}\,|_{t\;t_3}.
\end{matrix} \qquad (1)$$

при этом :

$$x_1 \dots x_3 \quad (\bar{x}_1 \dots \bar{x}_3 \quad h_x) \quad m \quad x \ (\text{oo m} \quad 0 \quad \text{до m} \quad 2h_x / \quad x);$$
$$y_1 \dots y_3 \quad (\bar{y}_1 \dots \bar{y}_3 \quad h_x) \quad n\Delta x \ (\text{oo n} \quad 0 \quad \text{до n} \quad 2h_y / \Delta y); \qquad (2)$$
$$z_1 \dots z_3 \quad (\bar{z}_1 \dots \bar{z}_3 \quad h_x) \quad k\Delta x \ (\text{oo k} \quad 0 \quad \text{до k} \quad 2h_z / \Delta z).$$

$t_1 \quad t_3$ моменты времени трех последовательных навигационных измерений. Данные неравенства следует трактовать следующим образом:

- первое неравенство – скорость прохождения объектом пути за время t между первым и вторым измерением не может превышать максимально возможную курсовую скорость;

- второе неравенство – аналогично, но между вторым и третьим измерением;

- третье-неравенство – курсовое ускорение объекта не должно превышать максимально возможное;

- четвертое - шестое неравенство аналогично 1-3 неравенству для вертикальной скорости и ускорения;

- седьмое-восьмое неравенство определяет максимально возможный угол наклона объекта от вертикали (что фактически определяет угол тангажа) для второго и третьего измерения;

- девятое-десятое неравенство определяет максимально возможный угол отклонения от курса для второго и третьего измерения.

Для повышения точности местоположения объекта в пространстве возможно использование не предельных значений скоростей, ускорений и изменения угловых положений объекта, а текущих реальных данных бортовых измерителей (БИ) параметров движения объекта (скоростей, углов, ускорений). Максимальные параметры

$$V_{K\,MAX};\ a_{K\,MAX};\ V_{B\,MAX};\ a_{B\,MAX};\quad {}_{MAX};\quad {}_{MAX}$$

определяются текущими показаниями бортовых измерителей, их погрешностями, показаниями датчиков ветра и направлением ветра, а также приращением измеряемых параметров за время между навигационным измерением и ближайшим после него поступлением информации от бортового измерителя.

В этом случае (и с учетом влияния ветра) значения

$$V_{K\,MAX};\ a_{K\,MAX};\ V_{B\,MAX};\ a_{B\,MAX};\quad {}_{MAX};\quad {}_{MAX}$$

в системе неравенств (1) обобщенных условий ограничения местоположения объекта по данным навигационных измерений можно записать как показания бортовых измерителей следующим образом:

$$
\begin{aligned}
&V_{K\,MAX}|_{t\ t_2} \quad V_{K\,БИ}|_{t\ t_{K\,БИ}\ t_2} \quad V_{K\,ВЕТ}|_{t\ t_{K\,ВЕТ}\ t_2} \quad \Delta V_{K\,БИ} \quad \frac{V_{K\,БИ}|_{t\ t_{K\,БИ}\ t_2}\,(t_{K\,БИ}\ t_2)}{\Delta t};\\
&V_{K\,MAX}|_{t\ t_3} \quad V_{K\,БИ}|_{t\ t_{K\,БИ}\ t_3} \quad V_{K\,ВЕТ}|_{t\ t_{K\,ВЕТ}\ t_3} \quad \Delta V_{K\,БИ} \quad \frac{V_{K\,БИ}|_{t\ t_{K\,БИ}\ t_3}\,(t_{K\,БИ}\ t_3)}{\Delta t};\\
&a_{K\,MAX}|_{t\ t_3} \quad \frac{(V_{K\,MAX}|_{t\ t_3}\ V_{K\,MAX}|_{t\ t_2})}{\Delta t\ (t_{K\,БИ}|_{t\ t_{K\,БИ}\ t_3}\ t_{K\,БИ}|_{t\ t_{K\,БИ}\ t_2})};\\
&V_{B\,MAX}|_{t\ t_2} \quad V_{B\,БИ}|_{t\ t_{B\,БИ}\ t_2} \quad V_{B\,ВЕТ}|_{t\ t_{B\,ВЕТ}\ t_2} \quad \Delta V_{B\,БИ} \quad \frac{V_{B\,БИ}|_{t\ t_{B\,БИ}\ t_2}\,(t_{B\,БИ}\ t_2)}{\Delta t};\\
&V_{B\,MAX}|_{t\ t_3} \quad V_{B\,БИ}|_{t\ t_{B\,БИ}\ t_3} \quad V_{B\,ВЕТ}|_{t\ t_{B\,ВЕТ}\ t_3} \quad \Delta V_{B\,БИ} \quad \frac{V_{B\,БИ}|_{t\ t_{B\,БИ}\ t_3}\,(t_{B\,БИ}\ t_3)}{\Delta t};\\
&a_{B\,MAX}|_{t\ t_3} \quad \frac{(V_{B\,MAX}|_{t\ t_3}\ V_{B\,MAX}|_{t\ t_2})}{\Delta t\ (t_{B\,БИ}|_{t\ t_{B\,БИ}\ t_3}\ t_{B\,БИ}|_{t\ t_{B\,БИ}\ t_2})};\\
&\Theta_{MAX}|_{t\ t_2} \quad \Theta_{БИ}|_{t\ t_{\Theta\,БИ}\ t_2} \quad \Theta_{ВЕТ}|_{t\ t_{\Theta\,БИ}\ t_2} \quad \Delta\Theta_{БИ};\\
&\Theta_{MAX}|_{t\ t_3} \quad \Theta_{БИ}|_{t\ t_{\Theta\,БИ}\ t_3} \quad \Theta_{ВЕТ}|_{t\ t_{\Theta\,БИ}\ t_3} \quad \Delta\Theta_{БИ};\\
&\Psi_{MAX}|_{t\ t_2} \quad \Psi_{БИ}|_{t\ t_{\Psi\,БИ}\ t_2} \quad \Psi_{ВЕТ}|_{t\ t_{\Psi\,БИ}\ t_2} \quad \Delta\Psi_{БИ};\\
&\Psi_{MAX}|_{t\ t_3} \quad \Psi_{БИ}|_{t\ t_{\Psi\,БИ}\ t_3} \quad \Psi_{ВЕТ}|_{t\ t_{\Psi\,БИ}\ t_3} \quad \Delta\Psi_{БИ};
\end{aligned}
\qquad (3)
$$

где: 1. $V_{K\,БИ}|_{t\ t_{K\,БИ}\ t_2}; V_{K\,БИ}|_{t\ t_{K\,БИ}\ t_3}$ - значение курсовой скорости по показаниям бортового измерителя в моменты времени поступления информации от бортового измерителя сразу же после навигационных измерений в моменты t_2 и t_3;

2. $V_{K\,ВЕТ}|_{t\ t_{K\,ВЕТ}\ t_2}; V_{K\,ВЕТ}|_{t\ t_{K\,ВЕТ}\ t_3}$ - составляющая курсовой скорости вследствие влияния ветра (по данным датчиков ветра) сразу же после навигационных измерений в моменты t_2 и t_3;

3. $\Delta V_{K\,БИ}$ - погрешность показаний бортового измерителя курсовой скорости;

4. $V_{В\,БИ}|_{t\ t_{B\,БИ}\ t_2}; V_{B\,БИ}|_{t\ t_{B\,БИ}\ t_3}\quad V_{B\,ВЕТ}|_{t\ t_{B\,ВЕТ}\ t_2}; V_{B\,ВЕТ}|_{t\ t_{B\,ВЕТ}\ t_3}\quad \Delta V_{B\,БИ}$ - значения вертикальной скорости по показаниям бортового измерителя, данным датчиков ветра и погрешность показаний бортового измерителя вертикальной скорости (все значения аналогичны значениям по п.п.1-3);

5. $t_{K\,БИ}\quad t_{K\,БИ}|_{t\ t_{K\,БИ}\ t_3}\quad t_{K\,БИ}|_{t\ t_{K\,БИ}\ t_2}$ -частота обновления показаний бортового измерителя курсовой скорости;

6. $\Delta t_{В\,БИ}\quad t_{B\,БИ}|_{t\ t_{B\,БИ}\ t_3}\quad t_{B\,БИ}|_{t\ t_{B\,БИ}\ t_2}$ -частота обновления показа-

ний бортового измерителя вертикальной скорости;

7. $\Theta_{БИ}\,|_{t=t_{\Theta БИ}\ t_2}$; $\Theta_{БИ}\,|_{t=t_{\Theta БИ}\ t_3}$ - значение угла наклона объекта от вертикали (что фактически определяет угол тангажа) по показаниям бортового измерителя сразу же после навигационных измерений в моменты t_2 и t_3;

8. $\Theta_{ВЕТ}\,|_{t=t_{\Theta БИ}\ t_2}$; $\Theta_{ВЕТ}\,|_{t=t_{\Theta БИ}\ t_3}$ - составляющая угла наклона объекта от вертикали вследствие влияния ветра (по данным датчиков ветра) сразу же после навигационных измерений в моменты t_2 и t_3;

9. $\Delta\Theta_{БИ}$ - погрешность показаний бортового измерителя угла наклона объекта от вертикали;

10. $__{БИ}\,|_{t=t_{__ьИ}\ t_2}$; $__{БИ}\,|_{t=t_{__ьИ}\ t_3}$ $__{ВЕТ}\,|_{t=t_{__ьИ}\ t_2}$; $__{ВЕТ}\,|_{t=t_{__ьИ}\ t_3}$; $\Delta__{БИ}$ - значения угла отклонения курса по показаниям бортового измерителя, данным датчиков ветра и погрешность показаний бортового измерителя угла отклонения курса (все значения аналогичны значениям по п.п.7-9).

Значения погрешностей показаний бортовых измерителей и частота обновления информации на них определяется тактико-техническими характеристиками конкретных приборов. Способ определения местоположения объекта в пространстве, уточняя навигационные данные за счет наложения ограничений, связанных с динамическими свойствами движущегося объекта можно назвать методом динамической рекуррентной коррекции, и он описан в [1].

Данный способ может обладать следующими преимуществами:

- при определенных соотношениях между параметрами движения объекта, точностью их определения, частотой обновления навигационной информации и данных бортовых измерителей можно повысить точность определения местоположения объекта в пространстве;
- не требуется проведения дополнительных навигационных измерений, или опорных точек с заранее известными геодезическими координатами или априорно известной траектории движения объекта;
- способ может применяться для различных значений угловых и линейных скоростей и ускорений объекта;
- способ позволяет комплексировать оборудование бортовых измерителей параметров движения и навигационное оборудование.

Библиографический список

1. «Способ определения местоположения подвижного объекта при навигационных измерениях» патент РФ на изобретение №2529016RU G01S19/45 (2010.01) заявка №2012149512 от 21.11.2012г. /Тельный А.В. опубл. 27.09.2014г. Бюл. № 27 33с. М. : ФИПС.

СЕКЦИЯ 4. РАДИОФИЗИКА И ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

УДК 621.396

ФИЗИКА ВОЛНОВЫХ ПРОЦЕССОВ В МЕТАМАТЕРИАЛАХ И ИХ ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ

Будагян И.Ф. МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Введение

Поведение электромагнитных импульсов при взаимодействии их со средой, через которую они проходят, на протяжении длительного времени привлекает внимание исследователей. Применительно к подобным задачам широкое распространение получили методы компьютерного эксперимента, позволяющие оценить характер и степень деформации отраженного импульса. Наличие дисперсии существенно усложняет процессы распространения и отражения импульсов вследствие различия в поведении его отдельных спектральных составляющих. Основными составляющими трансформации формы импульса являются ассиметричное увеличение или уменьшение его фронта, раздвоение, а также сдвиг «центра тяжести» импульса вдоль оси времени. Представляет интерес исследование особенностей трансформации формы импульса при отражении от метасред – сред с отрицательной диэлектрической (ε) и магнитной ( ) проницаемостями. Актуален анализ влияния среды распространения на импульсы конкретной формы и длительности [1]. В этой связи проведён анализ искажения наносекундных (длительностью 0,5 - 10нс) электромагнитных импульсов различной формы, падающих на полупространство среды с метаструктурой.

1. Волновые процессы в метаматериалах

В последнее время все большее внимание уделяется принципам реализации этих вопросов в микроволновом, терагерцовом, инфракрасном и оптическом диапазонах частот при помощи различных метаматериалов [2]. Значительные усилия в мире направлены на создание терагерцовых, инфракрасных и оптических метаматериалов и систем, для которых требуются массивы периодично расположенных резонаторов микронных и нанометровых размеров. Большинство практических применений - от экранов невидимости до сверхлинз и поляризаторов требуют создания метаматериала с прецизионными трехмерными элементами. Созданы изотропные, анизо-

тропные киральные, магнитные, гибкие и не гибкие терагерцовые метаматериалы с прецизионными трехмерными резонаторами [3]. Терагерцовые лучи сочетают высокую проникающую способность, подобную радиоизлучению, с удобством фокусировки, сходной со световыми лучами. Продолжается разработка технологии метаматериалов инфракрасного диапазона. Именно высокая точность и объемный характер элементов-резонаторов в виде микроспиралей позволили создать метаматериалы, обладающие гигантской оптической активностью. При толщине слоя спиралей в десять раз меньшей длины волны он может вращать плоскость поляризации проходящего через него электромагнитного излучения на 36º и проявлять отрицательный коэффициент преломления. Созданная технология самоформирования трехмерных наноструктур позволяет массовым образом создавать резонаторы с размерами от сотен микрон до нескольких нанометров, обеспечивая сравнительно низкую стоимость создаваемых метаматериалов.

Разработанные за последнее десятилетие трехмерные фотонные метаматериалы открыли новые перспективы, в частности, сокращения макроскопических размеров до оптических длин волн [4]. Структуры 3d фотонных метаматериалов включают: многослойные ажурные структуры с отрицательным показателем преломления; хиральные и гиперболические метаматериалы; металлодиэлектрические многослойные метаматериалы, состоящие из связанных плазмонных волноводов; композитные метаматериалы SRRs; метаматериалы с широким углом обзора и отрицательным коэффициентом преломления на основе коаксиальной конструкции; связанные кубической симметрией структуры метаматериала с отрицательным коэффициентом преломления; полностью диэлектрический метаматериал с отрицательным коэффициентом преломления, состоящий из двух наборов диэлектрических сфер с высоким коэффициентом преломления, расположенных в узлах простой кубической решетки (рис.1).

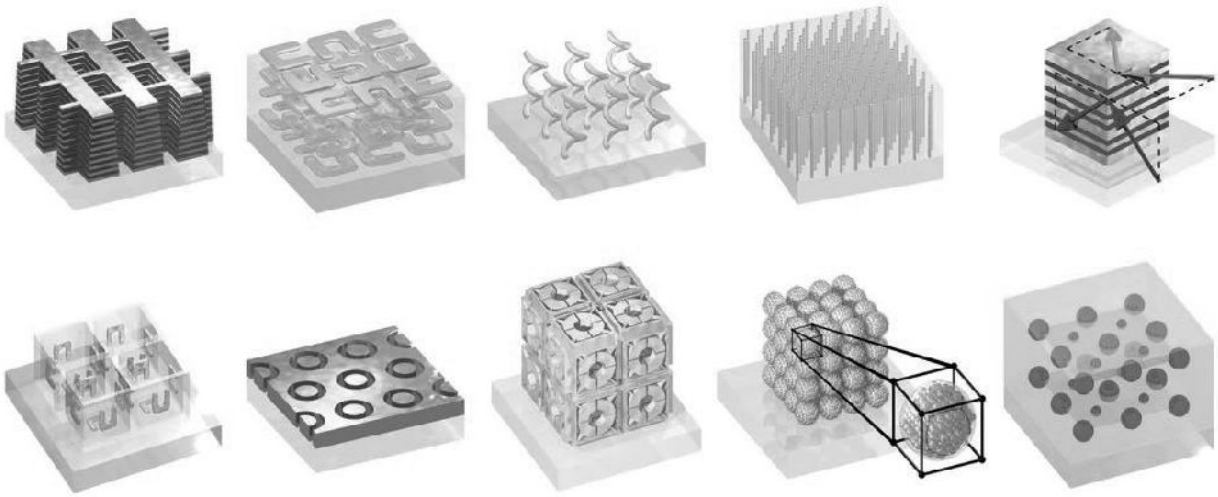


Рис.1 - Структуры 3d фотонных метаматериалов

2. Технические приложения

Подобные метаматериалы благодаря своим свойствам перспективны для проектирования устройств СВЧ и антенной техники. В антенной технике метаматериалы применяются для решения проблемы миниатюризации антенн [5]. Проблема миниатюризации антенн возникла довольно давно, но особенно актуальной она стала в последние два десятилетия вследствие бурного развития систем связи с подвижными объектами, индивидуальных систем связи, сотовых систем связи и др., предъявляющих жесткие требования к габаритным размерам антенных устройств. Поскольку все остальные функциональные узлы малогабаритной аппаратуры поддавались миниатюризации гораздо легче, узлом всех проблем стала антенна. Так, довольно быстро возникла необходимость разработки малогабаритных антенн, обладающих приемлемыми электрическими характеристиками.

Миниатюризация антенн и одновременное обеспечение заданных электрических характеристик – довольно сложная задача, как в теоретическом, так и в практическом плане [6]. В теоретическом плане исследования велись вокруг физических пределов миниатюризации, т.е. выяснения тех минимальных размеров, при которых ещё сохраняются приемлемые значения электродинамических параметров (добротность, коэффициент усиления, полоса согласования) антенны. Дальнейшее уменьшение размеров антенн, выполненных на обычных материалах, приводит к падению КПД и существенному сужению рабочей полосы частот. Метаматериалы с их необычными свойствами дают дополнительные возможности миниатюризации, увеличения коэффициента усиления и расширения рабочей полосы частот антенн. Все это вызывает повышенный интерес к физике исследования волновых процессов в метаматериалах.

В последнее время от проработки теоретических основ построения метаматериалов и их исследования специалисты перешли к разработке конкретных СВЧ-устройств, выполненных с применением метаматериалов. Это и антенны, основанные на метаматериалах [7], в том числе адаптивные антенны для систем связи, антенные решетки мобильных терминалов спутниковой связи, использование метаматериалов в качестве подложек микрополосковых антенн СВЧ-диапазона.

В обычных антеннах поверхностной волны возможно отклонение луча лишь в одну сторону от нормали, как бы ни изменялась частота сигнала. Угол наклона луча в антенне поверхностной волны на основе линии передачи из метаматериала определяется частотой сигнала. Максимальный коэффициент усиления такой антенны может сохраняться в значительном диапазоне угловых отклонений луча (рис.3). Система связи обеспечивала скорость передачи данных до 10 Мбит/с.

Интерес представляет применение метаматериалов к разработке мик-

рополосковых спиральных антенн на многослойных подложках с точки зрения уменьшения размеров печатной спирали и снижения искажений при их использовании в режиме излучения наносекундных импульсов [8]. Было изучено влияние параметров многослойной среды на электрические характеристики антенны и возможности улучшения ее характеристик излучения путем параметрического синтеза с учетом отрицательных значений диэлектрической и магнитной проницаемостей материалов подложки.

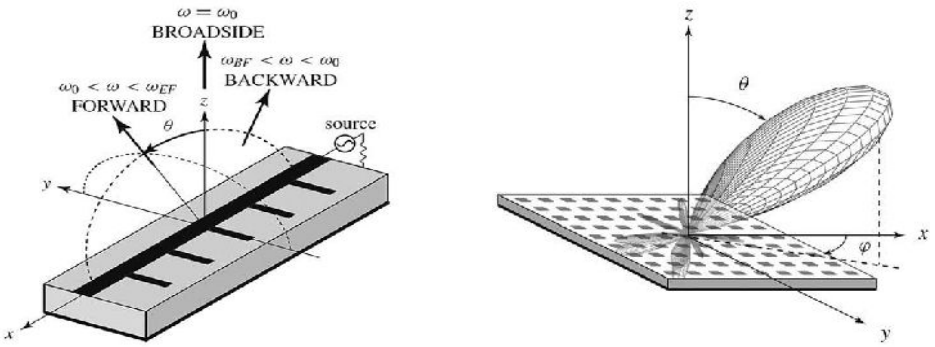


Рис.3 - Одномерное и двумерное сканирование в антенне поверхностной волны на основе нерегулируемого (слева) и электрически управляемого метаматериала (справа)

3. Анализ трансформации наносекундных импульсов

Методы спектрального анализа позволяют разработать эффективные алгоритмы для минимизации искажений наносекундных импульсов различной формы, установить закономерности между их длительностью и параметрами метаструктур. С этой точки зрения перспективными представляются и разработанный подход, и алгоритм обработки отраженных сигналов [9]. Изучаются такие виды наносекундных импульсов как прямоугольный, гауссовой формы с меньшей и большей крутизной, импульс в виде разности полиномов Лаггера. На рис.2 для примера приведены результаты моделирования при отражении прямоугольного и гауссовых импульсов меньшей и большей крутизны от композитного -негативного метаматериала в виде двойного кольцевого резонатора с зазором l между разрезными кольцами в поперечном сечении.

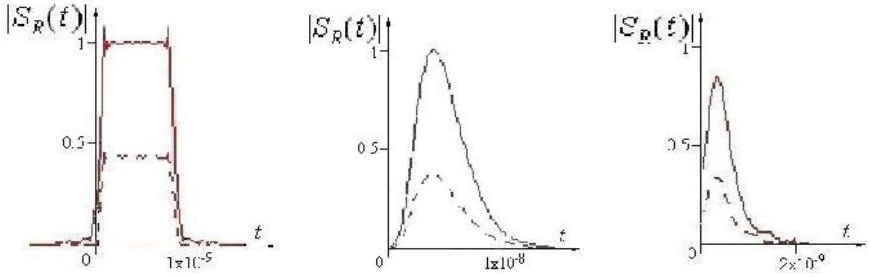


Рис.2 - Формы отраженных прямоугольного и гауссовых импульсов при изменении зазора l в 10 раз (пунктирная кривая)

Исследуется процесс отражения этих импульсов от -негативных метаматериалов (плазменных слоев и слоев композитного метаматериала), -негативных метаматериалов при изменении топологических параметров метаструктуры и бинегативных метаматериалов.

Заключение

Проведенный анализ полученных результатов показал эффективность алгоритма: выявлены закономерности между соотношением длительности импульса и плазменной частотой, зависимость между плазменной частотой и размерами метаструктуры. Оценено влияние размеров ее элементов без и с учетом потерь. Наименее подвержен искажению по форме импульс в виде разности полиномов Лаггера. При малых значениях плазменных частот и длительности он теряет амплитуду, но сохраняет форму, гауссов импульс не теряет амплитуду, но искажается по форме, так же, как и прямоугольный. При меньшей длительности форма импульса лучше сохраняется на более высоких плазменных частотах, а с увеличением длительности оптимальная частота уменьшается. Форма отраженного импульса наиболее хорошо сохраняется, когда нормированная на скорость света толщина слоя составляет $2{,}5\ldots5\text{x}10^{-9}$.

Библиографический список

1. 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.

2. Вендик И.Б., Вендик О.Г. Метаматериалы и их применение в технике сверхвысоких частот (Обзор) // Журнал технической физики, 2013. – Т.83, вып.1. - С.3-28.

3. Hou-Tong Chen, Willie J. Padilla, Joshua M.O. et al. Active terahertz metamaterial devices // LETTERS, NATURE, 2006. – Vol.444. – P.597-600.

4. Costas M. Soukoulis, Martin Wegener. Past achievements and future challenges in the development of three-dimensional photonic metamaterials. Reviews // Nature Photonics, 2011. - №5. – P.523–530.

5. Бойко С.Н., Веселаго В.Г. Виноградов Е.А. и др. Малогабаритные антенны на основе метаматериалов (практические аспекты) // Антенны, 2012. - №12. - С.32-41.

6. Митрохин В.Н., Рыженко Д.С., Тягунов В.А. Экспериментальные исследования СВЧ устройств, содержащих метаматериалы // X Международная НТК «Физика и технические приложения волновых процессов»: – Самара: ИУНЛ ПГУТИ, 2011. – Т.15, №3. – С.43-53.

7. Ziolkowski R.W. Metamaterial-Based Antennas: Research and Develop-

ments // IEICE TRANS. ELECTRON., 2006. - Vol.E89–C, №9. – P.1267-1275.

8. Будагян И.Ф., Ковальчук А.А., Чебышев В.В. Микрополосковая спиральная антенна в многослойной среде на основе диэлектрических и метаматериалов в режиме излучения наносекундных импульсов // T-Comm, 2012. - №10. – С.30-33.

9. Будагян И.Ф., Илюшечкин М.Н. Моделирование волновых процессов при отражении и распространении наносекундных импульсов // Физика и технические приложения волновых процессов: труды XI международной научн.-техн. конф. - Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2012. – С.19-20.

УДК 621.396

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСЛЕДОВАНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ ВОЛНОВЫХ ПОЛЕЙ

Дубровин В.Ф. МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Введение

При разработке ряда устройств диапазона сверхвысоких частот и устройств когерентной оптики, например, при создании излучающих систем, линий передачи и их элементов, а также в процессе их исследований, значительное место занимают экспериментальные исследования [1]. Однако, для исследований и измерений в диапазонах СВЧ и тем более в оптическом диапазоне как методы, так и аппаратура, обычно используемые в области электромагнетизма, не позволяют получить данные, достаточные для построения современных устройств и систем. Здесь требуется специальный подход. Этот подход – экспериментальное исследование пространственной структуры электромагнитных полей в этих устройствах. Значительная часть таких исследований должна выполняться в «свободном пространстве». В большинстве случаев при создании устройств и систем в указанных диапазонах требуется знание пространственной структуры поля, которая определяет основные их электродинамические характеристики. В то же время литература, в которой содержались бы необходимые сведения по подобной методике и технике исследований, фактически отсутствует.

Ниже кратко изложены основные сведения по методам исследования и технике выполнения измерений в свободном пространстве. При изучении любого силового поля фундаментальным является понятие, точнее «образ», его пространственной и временной [2] (в случае переменного поля) структур. Это понятие основывается на представлении силы в виде вектора, а силового поля в виде системы силовых линий (линий касательных в каждой

точке пространства к вектору силы). Электромагнитное поле известно (задано или определено), если известны в каждой точке исследуемой области пространства в момент рассматриваемого промежутка времени его векторы напряженностей электрического и магнитного полей, электрической и магнитной индукций (**E, H, D** и **B**). Другими словами, известна структура поля - картина мгновенного пространственного распределения силовых линий (их конфигурация, направление, пространственная плотность). Особое значение приобретает исследование пространственной структуры переменного электромагнитного поля в связи с развитием антенной техники и техники СВЧ, методов пассивного радиопротиводействия. Для оценки энергетического пространственного характера электромагнитного поля полезным является введение понятий амплитудных фронтов и линий равной плотности потока электромагнитной энергии. Это, соответственно, геометрическое место точек с равной величиной векторов поля и точек с равной величиной плотности потока электромагнитной энергии. Для полного представления о волновом процессе необходимо знать ещё и пространственное распределение фазы исследуемого поля, т.е. при изучении электромагнитных волновых полей система силовых линий (амплитудных фронтов и линий равной плотности потока электромагнитной энергии) должна была быть дополнена конфигурацией волновых (фазовых) фронтов.

1. Метод исследования

Постоянная необходимость решать задачи радиолокационной защищённости объектов, необходимость рассмотрения вопросов электромагнитной совместимости, а также расширение исследований в области излучающих систем СВЧ и оптического диапазонов [3], линий передачи «открытого» типа (диэлектрических волноводов, однопроводных линий передачи, оптических волноводов и устройств на их основе) привело к необходимости создания специальных методов экспериментального получения («визуализации») структуры электромагнитных полей СВЧ. Реально на сегодня существуют три таких метода: 1) с последовательным измерением локальных значений напряженности (плотности потока) и фазы поля посредством зонда, вносящего малые искажения в структуру исследуемого поля; 2) с последовательным измерением локальных значений напряженности (плотности потока) поля посредством «возмущений» исследуемого поля малыми рассеивающими телами; 3) с одновременной фиксацией распределения интенсивности и фазы поля во всем исследуемом пространстве посредством распределения в ней чувствительных элементов, мало искажающих первичную структуру поля (например, радио- и светопрозрачных баллончиков, заполненных газом, интенсивность свечения которого зависит от интенсивности высокочастотного поля и др.).

Достаточно хорошие результаты в большинстве случаев можно получить первым методом — путем прямых измерений посредством электрического зонда (диполя). Уменьшение влияния опоры зонда и других конструктивных элементов его крепления на исследуемое поле достигается за счет покрытия их поглотителями, обеспечивающими малые (порядка 1%) коэффициенты отражения. В сочетании с обычными измерениями входных и выходных параметров получаемые этим методом результаты дают достаточно полную картину волновых процессов передачи и излучения электромагнитной энергии в исследуемых устройствах. Так, в результате использования такой методики выявлен ряд новых эффектов при передаче слабозамедленных волн, и на их основе создан ряд оригинальных узлов и приборов в СВЧ и оптическом диапазонах волн [4].

2. Описание стенда

Стенд для проведения исследований в диапазоне 6,7 - 11,5 ГГц выполняется в виде безэховой камеры. Его принципиальная схема приведена на рис. 1, где передающая (I) и приемная (II) части собраны на стандартных волноводных деталях и функциональных узлах, например, с сечением волноводов 10 х 23 мм^2. Передающий тракт может быть разделен в зависимости от решаемой задачи на два или четыре независимых канала (развязка этих каналов по выходу должна быть обеспечена на уровне 60 дБ), каждый из которых должен содержать устройства независимой регулировки амплитуды и фазы сигнала. Посредством волноводного переключателя тракты могут быть включены на эквивалент антенны или устройства, возбуждающего в исследуемом элементе поверхностные волны. Дополнительный тракт опорного сигнала обеспечивает фазовые измерения.

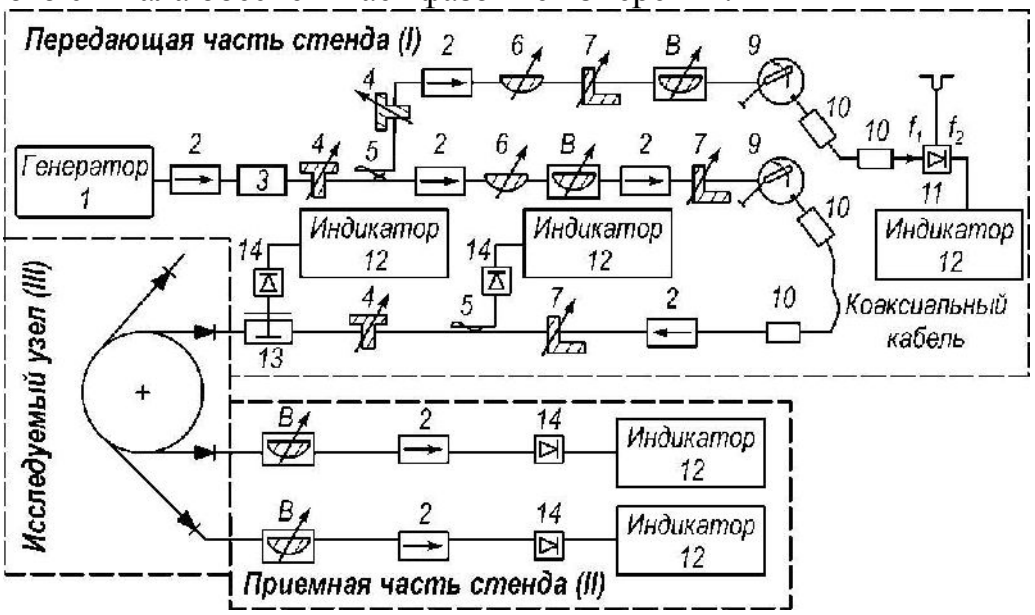


Рис.1 - Схема стенда для исследования структуры электромагнитного поля

Стенд обеспечивает проведение следующих видов измерений:

- коэффициентов передачи устройств на волноводах открытого типа (например, диэлектрических, с относительной точностью не хуже 10 %);

- параметров их согласования (коэффициентов отражения, КСВ или КБВ), на входе (с точностью не хуже 5%);

- амплитудно-фазовых диаграмм полей волноводов открытого типа, устройств на их основе.

Методика измерения и построения этих диаграмм состоит в «отслеживании» хода эквипотенциальных уровней путем малых перемещений (шаг не более $_0/8$) зонда. Измерения могут быть автоматизированы с помощью автоматического координатно-поискового устройства, следящего за заданным уровнем сигнала.

Следует отметить, что стенд обеспечивает исследование полей излучающих устройств в ближней, промежуточной и дальней зонах. В случае же использования традиционных методов такие исследования весьма затруднительны, сложны и дороги в их техническом обеспечении или вообще невозможны. Максимально допустимый поперечник исследуемого эффективного раскрыва в данной конкретной конструкции стенда ограничен величиной 0,5 метра, что зависит лишь от возможного максимального разнесения приемной и передающей частей в безэховой камере стенда (который в этом конкретном случае не превышает 6 метров). Динамический диапазон измерений на стенде около 55 дБ.

3. Результаты исследований

Наглядной демонстрацией возможностей метода являются результаты исследования соединений на слабозамедленных диэлектрических волноводах. Рассмотрим для примера подачу сигналов в плечи 1 или 2 соединения с углом $\alpha = 30°$ (рис.2), сплошные линии здесь соответствуют подаче сигнала в плечо 1, пунктирные — в плечо 2. В первом случае сигнал делится между плечами 2 и 3. Небольшая выпуклость на эквипотенциальных уровнях в области разветвления объясняется небольшой технологической неоднородностью, возникающей при соединении волноводов. Во втором случае подачи сигнала структура поля свидетельствует, что сигнал из плеча 2 передается в плечо 1, не попадая в плечо 3. В области разветвления имеет место заметное излучение, на что указывает искривление эквипотенциалей. Возникающее излучение обеспечивает условие взаимности соединения. Однако здесь, нельзя выделить преимущественного направления излучения, т.е. четко определить положение «мнимого» плеча в пространстве.

Наличие заметной «электрической» несимметрии обусловлено геометрической несимметрией соединения, так как все остальные параметры соединения сохранены неизменными. Характер несимметрии поля в соединении

указывает на наличие в нем направленных свойств при сохранении хорошего согласования всех плеч. О последнем можно судить по гладкости эквипотенциальных уровней для плеч соединения.

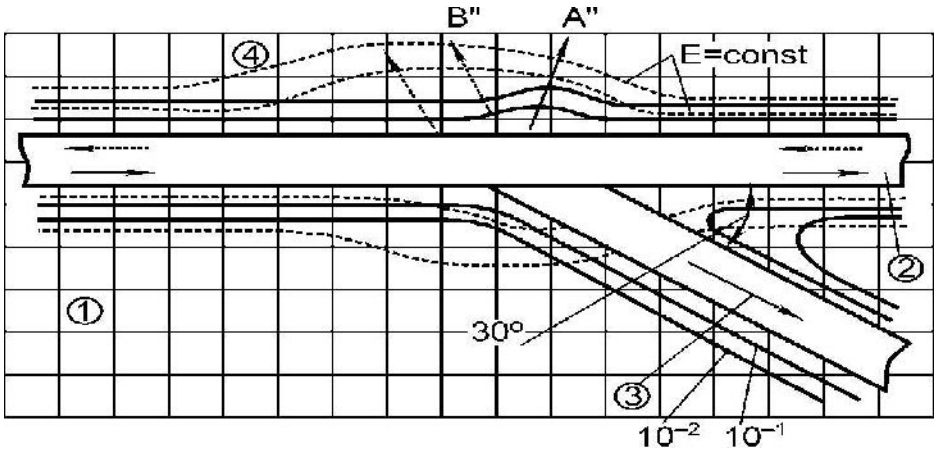


Рис.2 - Варианты подачи энергии в плечи несимметричного Y-соединения

Заключение

Полученные результаты показали, что анализ полей в диэлектрических волноводах методом «визуализации» структуры нагляден и эффективен. Он выявляет их существенное отличие от аналогичных соединений на металлических волноводах и коаксиальных линиях передачи, позволяя обнаруживать ранее неизвестные физические явления [5].

Разработанный метод «визуализации» пространственной структуры электромагнитных полей достаточно универсален – он может быть с успехом использован для исследования широкого класса «незамкнутых» (открытых) электродинамических систем и устройств. Например, для масштабного и немасштабного моделирования излучающих устройств и канализирующих систем диапазонов сверхвысоких частот и оптического диапазона волн [6], для исследования процессов распространения электромагнитных волн, а также процессов рассеяния и дифракции на различных телах [7].

Библиографический список

1. Будагян И.Ф., Дубровин В.Ф., Щучкин Г.Г., Мерсяитова Г.Р., Тихвинская О.В. Электронный программно-методический комплекс «Анализ и синтез СВЧ устройств и антенн» // Антенны - 2009 - вып.9 (148). - С.67-76.

2. Зайцев А.В. Исследование электромагнитных полей во временной области // Антенны – 2001 - вып.6(52). - С.3-10.

3. Дубровин В.Ф. Интерференционное поле системы оптических

волноводных излучателей // Радиотехника и электроника – 2010 - т.55, №1. - С.45-48.

4. Будагян И.Ф., Взятышев В.Ф., Дубровин В.Ф., Минкара М.С.М. Многоплечие диэлектрические соединения: принципы действия и закономерности дифракции высших типов волн // Труды XI Международной научно–технической конференции 26 – 28 сентября 2012г., - Екатеринбург: изд. Уральского университета – 2012 – С. 28-29

5. Взятышев В.Ф., Дубровин В.Ф., Евтихиев Н.Н., Мировицкий Д.И. Диплом на открытие №79 с приоритетом от 27.04.1959. Бюллетень изобретений – 1970 - №18. - С.5.

6. Мировицкий Д.И., Будагян И.Ф., Дубровин В.Ф. Микроволноводная оптика и голография. - М.: Наука - 1983 – 319с.

7. Будагян И.Ф., Щучкин Г.Г., Ганжела К.А., Крючков Д.И., Сергеев А.Д., Белов М.С. Мультимедийный программно-методический комплекс «Исследование волновых процессов при распространении и дифракции радиоволн». Свидетельство об отраслевой регистрации разработки в фонде алгоритмов и программ № 9770 от 17.01.2008. Государственная регистрация разработки в «Национальном информационном фонде неопубликованных документов» № 50200800187 от 29.01.2008.

УДК 621.396

ФРЕЙМ-ДИСКРЕТИЗАЦИЯ СВЕРХКОРОТКОИМПУЛЬСНЫХ СИГНАЛОВ

Будагян И.Ф., Костин М.С., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Актуальной тенденцией развития современной радиотехники является применение сверхкороткоимпульсных (СКИ) сигналов, относительная сверхширокополосность которых (0,25…1) повышает информативность передачи потока данных, делает их помехоустойчивыми, скрытными и может эффективно решать ряд актуальных задач сверхразрешения при радиосенсорном исследовании механико-геометрических и радиофизических свойств зондируемых поверхностей. Цифровой прием и численная обработка нано- и пикосекундных радиоимпульсов типа «гауссиан» расширяет спектр возможностей в области исследования их свойств при распространении, отражении, рассеянии и прохождении через поглощающие среды, а также при использовании СКИ-сигналов в приложениях радиоволнового зондирования, в том числе исследования импульсных характеристик поверхностей для получения радиоизображений. Это требует поиска и синте-

за новых радиотехнических решений, высокоскоростной и особо чувствительной элементной базы, поскольку большинство традиционных методов оказались малоэффективными и вовсе непригодными.

1. Методы масштабно-временной стробоскопической дискретизации СКИ-сигналов

Одним из рациональных путей решения аналого-цифрового приема СКИ-радиосигналов стала линейная трансформация их спектра, позволяющая наблюдать, регистрировать нано- и пикосекундные колебания в растянутом временном масштабе, не изменяя форму временных эпюр радиоимпульсов [1]. Метод масштабно-временной трансформации (МВТ) основан на периодической дискретизации СКИ-сигналов при помощи импульсов выборки длительностью много меньше длительности исследуемого радиоимпульса. При этом предполагается, что длительность последнего в среднем определяется рабочим интервалом 5..0,05 нс. Принцип МВТ сводится к считыванию мгновенных значений СКИ в точках дискретизации за *n*-периодов стробирования, их запоминанию и последующей численной обработке. В процессе дискретизации импульсы выборки заданной частоты следования последовательно сдвигаются относительно анализируемого СКИ-сигнала на шаг считывания в каждом из тактов относительно предыдущего. Причем временной сдвиг импульсов выборки, как правило, достигается сложными высокоточными управляемыми линиями задержки (ЛЗ), чаще всего – фазовращателями, с разрешением во времени от 30 до 1пс. В результате формируется последовательность мгновенных значений в точках дискретизации, по амплитуде равных исходному сигналу, но линейно растянутых во времени на коэффициент масштабирования, что сохраняет идентичность исходной формы воспроизводимого СКИ. МВТ не накладывает ограничений на полосу пропускания устройств дискретизации. Полоса пропускания здесь определяется только длительностью импульсов выборки. МВТ реализуется несколькими способами выборки: последовательной, случайной и групповой (в реальном времени). Однако параметры разрешения и точность стробоскопического приема в режиме МВТ требуют активной системы синхронизации и существенно зависят от стабильности амплитуды, длительности и джиттера (фазового дрожания) импульсов выборки, а быстродействие таких аналого-цифровых систем ограничивается частотой тактового сигнала. В современных вычислительных технологиях построение цифровых систем на основе тактовой частоты синхронизации является причиной серьезных ограничений в отношении энергопотребления и быстродействия. Кроме того, в радиоволновых локационных системах со стробируемой МВТ должны использоваться прецизионные фазовращатели и высокоскоростные дискретизаторы, что трудно-

реализуемо с помощью цифровых методов тактирования. При реализации метода МВТ рабочая частота дискретизации составляет 0,1…1 МГц [1].

2. Фрейм-дискретизация СКИ-сигналов

Современная концепция аналого-цифрового стробоскопического приема на базе формирования «двоичных значений в непрерывном времени» (ДЗНВ) и восстановления СКИ-сигналов позволяет исключить ряд основных недостатков традиционных цифровых систем, в том числе и устройств реализации метода МВТ. Эта технология предполагает формирование цифрового сигнала, двоичные значения которого образуются при динамическом сравнении с установленным порогом высокоскоростного управляемого компаратора и дальнейшем разбиении на требуемое количество временных интервалов. На каждом из них сигнал будет иметь соответствующую запись в счетчике, принимая значения «1», либо «0» без использования высокочастотного тактового сигнала для взятия цифровых отсчетов [2]. При этом временные интервалы в таких системах, называемые эффективным шагом дискретизации, задаются массивом аналоговых ЛЗ, которые теоретически могут иметь бесконечно малые значения. На практике высокоточные ЛЗ обеспечивают преобразование СКИ-сигнала с пикосекундной точностью измерения времени распространения (задержки) зондируемого сигнала от поверхности. Реализация архитектуры и топологии ЛЗ таких систем цифрового приема сверхвысокочастотного сигнала является оригинальным и эффективным решением с точки зрения улучшения производительности путем увеличения скорости обработки при значительно меньшем энергопотреблении. На сегодняшний день единственным представителем внедрения данной технологии является однокристальный приемопередатчик типа NVA6201 компании NoveldaAS с потребляемой мощностью не более 120 мВт, полосой пропускания приемника до 10 ГГц и частотой дискретизации до 39 Гвыб/с в полосе обзора 1 ГГц [2]. Приемопередатчик может быть эффективно использован для бесконтактного дистанционного зондирования поверхности кинематических и виброакустических конструкций, генерирующих собственные механические колебания или промодулированных внешними виброакустическими возмущениями среды с целью регистрации вибродинамических характеристик [3]. NVA работает в режиме времякогерентного моностатического радиосенсорного захвата, т.е. строб-окно дискретизации открывается в момент прихода отраженного сигнала. Его идентификация осуществляется чересперiодным корреляционным обнаружителем (ЧПКО) из условия максимального правдоподобия, либо программной настройкой, которые определяют заданное время глобальной задержки. Система позволяет накапливать и суммировать множество импульсов, увеличивая отношение сигнал-шум (рис.1).

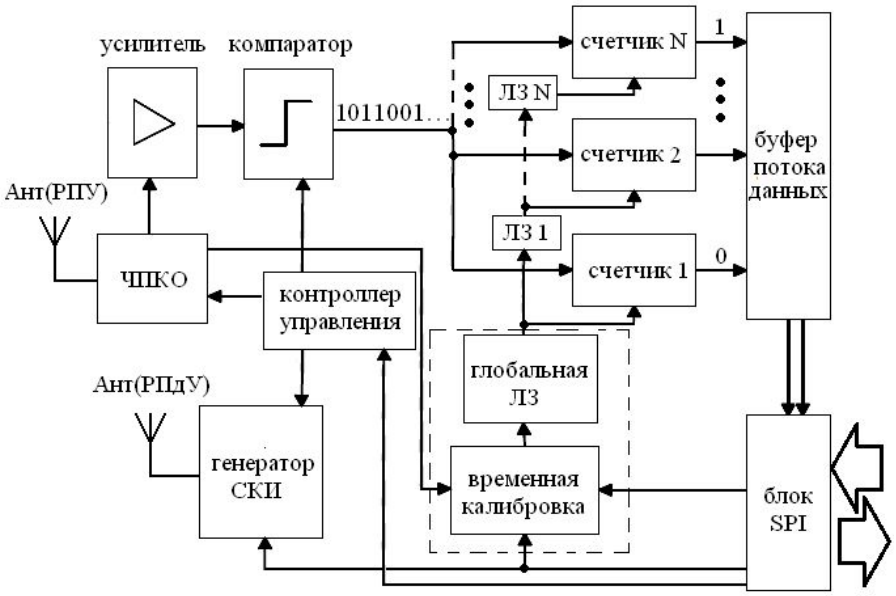


Рис.1 - Структурная схема цифрового приемопередатчика NVA6201

Стробирование обеспечивает систему определенным рабочим моментом времени начала дискретизации, определяемым глобальной задержкой. Принятый СКИ-сигнал с выхода приемной микрополосковой антенны поступает на ЧПКО и затем, при условии обнаружения (превышении некоторого порога), усиливается в малошумящем усилителе, который имеет диапазон усиления -6…23 дБ. Далее сигнал поступает на вход высокоскоростного управляемого компаратора с возможностью формирования 8192 пороговых уровней, где происходит преобразование сигналов из аналогового представления в форму ДЗНВ. Компаратор сравнивает входной сигнал с установленным пороговым напряжением и принимает решение, является ли уровень сигнала ниже (уровень «0») или выше (уровень «1») динамического порога. Таким образом, на выходе компаратора формируется последовательный набор из единиц и нулей, непрерывный во времени, каждый элемент уровня которого в определенный момент с некоторым удержанием одновременно поступает на массив параллельных дискретизаторов – счетчиков, определяя разрешение или запрет счета. Массив содержит 512 быстродействующих счетчиков, их количество также может быть ограничено (кратно знаменателю два: 256, 128, 64,…,2). Если требуется грубое восстановление сигнала, может использоваться каждый 8-ой счетчик (т.е. всего 64). Количество всех выборок сигнала за период сканирования, получаемых из массива, называется фреймом – временным окном дискретов. Формирование фрейма осуществляется следующим образом. Перед началом дискретизации счетный импульс задерживается при помощи временной задержки фрейма T_F, пространственная длительность которой определяет расстояние до исследуемой поверхности. Счетный импульс проходит через параллельные счетчики, на каждый с не-

большим смещением во времени – эффективным интервалом дискретизации T_D. Текущий уровень ДЗНВ определяет разрешение или запрет счета в момент времени, когда счетный импульс фрейма минует *i*-ый счетчик. Длительность дискретизируемого фрейма, т.е. область пространства, из которой цифровой приемопередатчик получает отраженный сигнал, прямо пропорциональна эффективному интервалу дискретизации (рис.2).

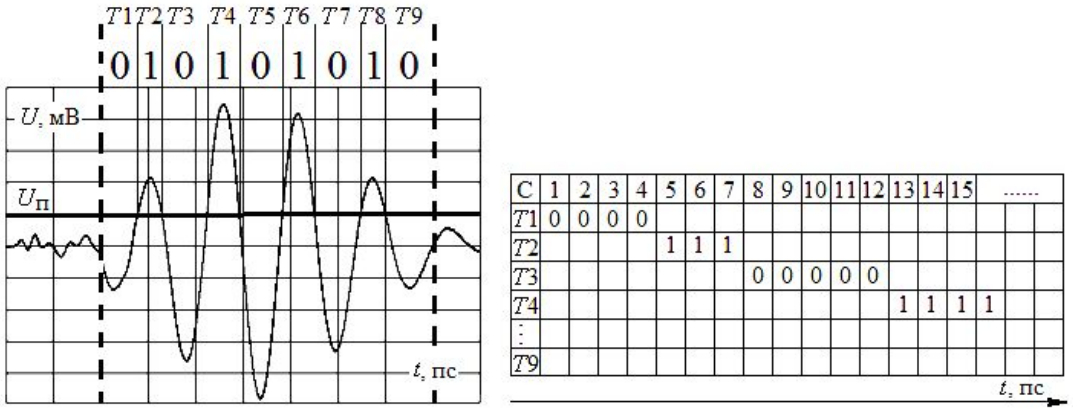


Рис.2 - Качественное представление временных диаграмм: фрейм-дискретизация СКИ-сигнала

В компараторе порогового квантователя входной аналоговый сигнал сравнивается с порогом $U_П$ и принимает значения: «0» в интервалы *T*1, *T*3, *T*5, *T*7, *T*9 и «1» в периоды *T*2, *T*4, *T*6, *T*8. При этом каждый интервал времени *T*1…*T*9 разбивается на эффективные интервалы дискретизации T_D, соответствующие «1»-ой или «0»-ой записи в счетчики C1,C2,…,C*N*. Данный процесс соответствует единичному циклу приема СКИ. После записи в счетчики цифровых значений одного фрейма уровень порога в квантователе сдвигается, и процедура дискретизации повторяется. Так, при эффективном интервале дискретизации 25пс и количестве задействованных счетчиков 512 длительность фрейма составит 0,025×512 = 12,8нс. За это время можно регистрировать дискреты последовательности из нескольких СКИ с разных направлений. Частота повторения СКИ может принимать значения 1,5; 3; 6; 12; 24; 48 и 100 МГц, что соответствует делению частоты процессора 100 МГц.

Заключение

Технология ДЗНВ исключает тактирование сигнала для взятия цифровых отсчетов, что позволяет получить существенную минимизацию энергопотребления схемы. Эффективный шаг дискретизации задается массивом микрополосковых ЛЗ, которые теоретически могут обеспечить высокое быстродействие схемы и пикосекундное разрешение дискретов фрейма во времени. Это позволяет повысить точность оценки времени распространения (задержки) зондируемого СКИ-сигнала с частотой дискретизации до 39 Гвыб/с от динамических поверхностей, совершающих возвратно-поступа-

тельные колебания вдоль линии визирования [4]. Фрейм-дискретизация фактически исключает такое нежелательное явление как джиттер импульса выборки в отличие от метода МВТ, и лишь ограничивается требованиями по точности исполнения аналоговых ЛЗ. Высокоскоростное фрейм-дискретное преобразование СКИ-сигналов с высоким разрешением во времени расширяет эффективный потенциал численной обработки с применением алгоритмов Фурье, Габора, Хуанга-Гильберта, кепстрального и вейвлет-анализа.

Библиографический список

1. Будагян И.Ф., Костин М.С. Масштабно-временное моделирование сверхкороткоимпульсного виброметрического локатора // Сб. науч. тр. X Международ. конф. «Наука и технологии: шаг в будущее - 2014». Czech Technical University in Prague (CTU), Прага, Education and Science, 2014. – Ч.33. – С.65-70.

2. Будагян И.Ф., Костин М.С. Радиосенсорная виброметрологическая система на однокристальном приемопередатчике с прямой оцифровкой сверхкороткоимпульсного сигнала // Сб. науч. статей всероссийской НПК «Научный взгляд на современный этап развития общественных, технических, гуманитарных и естественных наук, актуальные проблемы», НОУ СПб ИПМ. – СПб.: КультИнформПресс, 2014. – С.19-24.

3. Костин М.С. Моделирование виброметрического СШП радара // Актуальные проблемы и перспективы развития радиотехнических и инфокоммуникационных систем: Сб. научн. тр. – М.: РАДИОИНФОКОМ, 2013. – Ч.1. – С. 246-249.

4. Костин М.С., Будагян И.Ф. Аналитическая модель сверхкороткоимпульсного радиосенсорного виброметрического локатора // T-Comm – Телекоммуникации и Транспорт, 2014. – №11. – С. 52-56.

УБК 621.396

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗЕЙ МЕЖДУ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ИЗЛУЧЕНИЯ И ПАРАМЕТРАМИ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ ПРИ РАБОТЕ С НАНОСЕКУНДНЫМИ ИМПУЛЬСАМИ

Щучкин Г.Г., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Введение

В настоящее время одним из требований в развитии информационных технологий является повышение пропускной способности радиоэлектронных систем. Осуществление этой цели стало возможным благодаря

применению сверхширокополосных (СШП) сигналов, в частности, сверхкоротких импульсов (СКИ) без высокочастотного заполнения с длительностями порядка единиц и долей наносекунды [1]. В антенной технике для того, чтобы удовлетворить требованиям с точки зрения широкополосности используются специальные антенны, в частности, микрополосковые антенны различного вида. В то же время при применении антенных решеток смещение луча с частотой делает проблематичным их использование в радиоэлектронных системах, использующих СКИ.

К наиболее перспективным относятся системы, основанные на сверхширокополосных сигналах. Сверхширокополосными называются сигналы, у которых ширина спектра сопоставима с его средней частотой. К таким сигналам относятся и рассматриваемые СКИ имеющие длительность порядка наносекунды. Эти сигналы обладают исключительно высокой помехоустойчивостью. При этом мощность излучаемого сигнала существенно ниже окружающего фона. Для передачи и приема таких сигналов необходимо также усовершенствовать антенны.

Представляют практический интерес исследования направленности фазированных антенных решеток (ФАР), излучающих сверхкороткие импульсы, с учетом отклонений от идеальных условий их возбуждения. Физическая природа искажений возбуждающего импульса связана с переходными процессами, имеющими место при формировании и прохождении импульса от генератора до излучающего элемента ФАР. Существенную роль играет исследование взаимосвязей между характеристиками излучения ФАР, формой подаваемых СКИ и параметрами решетки (тип излучающих элементов, их число, расстояние между элементами) с целью минимизации искажения излучаемых сигналов. Для оценки используются такие характеристики, как мгновенные диаграммы направленности (МДН), пиковые диаграммы направленности (ПДН), энергетические диаграммы направленности (ЭДН), диаграммы формы излучаемого сигнала (ДФ) [2].

1. Постановка задачи

Рассматривается излучение наносекундных импульсов плоской антенной решеткой идентичных и одинаково ориентированных излучателей. Вдоль осей Ox и Oy расположено соответственно n_x и n_y излучателей с расстоянием между ними d_x и d_y. Чтобы избежать взаимного влияния излучателей обычно выбирают $d \geq c$ (- длительность импульса, c – скорость света). Если токи всех излучателей равны по амплитуде, а фазы токов вдоль осей Ox и Oy меняются по линейным законам, то для расчета диаграммы направленности (ДН) решетки $F($, $)$ применяется теорема перемножения.

В качестве характеристик рассматриваются: диаграмма формы или

длительности излученного импульса, которая показывает, как изменяется форма сигнала $E(t, \theta=const)$ по какому-то направлению; мгновенная диаграмма направленности, соответствующая зависимости $E(t=const, \theta)$; энергетическая диаграмма направленности – зависимость энергии излученного импульса, приходящейся на единицу поверхности, от углового направления $W(\theta)$. Длительность импульса полагалась равной $2\ 10^{-9}$с. Количество излучателей выбрано $n_x=n_y=4$ (когда наиболее наглядно проявляются все особенности), а расстояния между излучателями: $d_x = d_y = c$, $2c$ и $4c$. В качестве излучателей рассматривались вибратор и диэлектрическая стержневая антенна. Параметры излучателей решетки подбирались путем предварительного моделирования их в антенной решетке с учетом возбуждающего импульса и анализа соответствующих ДН из соображений минимизации уровня боковых лепестков и ширины МДН.

3. Моделирование мгновенных диаграмм направленности антенной решетки и диаграмм формы излучаемого сигнала

Результаты расчетов и моделирования отображены на объемных диаграммах. Однако, где необходимо, для пояснения их смысла приводятся одномерные ДН. На рис.2 (слева) показано семейство одномерных ДФ в случае антенной решетки (АР) с вибраторными излучателями (при $d_x=c$) и прямоугольного возбуждающего импульса для углов наблюдения: 1) =0, 2) =10^0, 3) =30^0, 4) =60^0 .

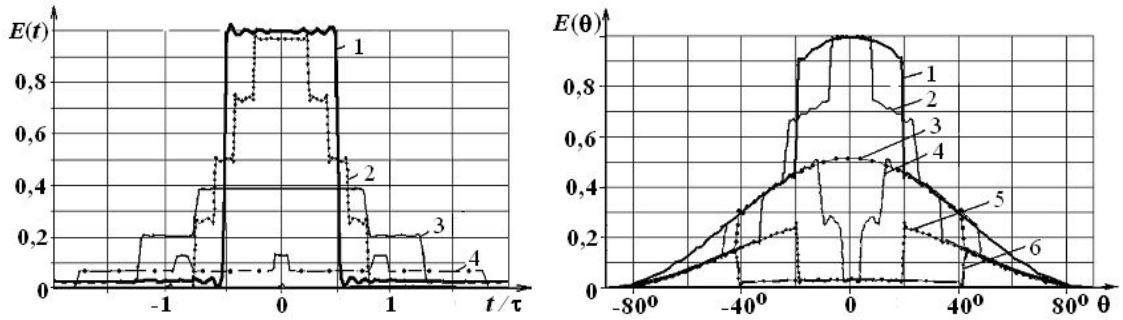


Рис.2 – Одномерные ДН антенной решетки в зависимости от: времени (слева), угла (справа)

Значение амплитуды диаграммы формы импульсов является максимальным при θ=0, поскольку в направлении нормали импульсы от всех излучателей приходят одновременно. По мере увеличения угла величина амплитуды будет уменьшаться до тех пор, пока не достигнет минимального значения при некотором угле. При этом в результате сложения запаздывающих сигналов суммарный импульс в дальней зоне при различных углах

будет иметь разные форму и длительность. Определим, как меняется ДН в зависимости от времени, выделив несколько моментов времени наблюдения: $|t|=0$; 0,3 ; 0,5 ; 0,6 ; ; 1,5 , в интервале, в течение которого существует прямоугольный импульс в антенной решетке на основе вибраторных излучателей с шагом $d_x=c$, и зафиксируем ДН (рис.2, справа).

Рис.3 показывает одновременно, как меняется ДФ сигнала по разным направлениям и МДН в зависимости от времени. В начальный момент времени в направлении нормали к плоскости расположения излучателей амплитуда ДН является максимальной. С увеличением времени наблюдения t в том же направлении амплитуда снижается и изменяется форма ДН. При временах наблюдения $|t|\geq 0,5$ ДН начинает разваливаться, сначала по центру, а затем от нее начинают «отпочковываться» боковые лепестки.

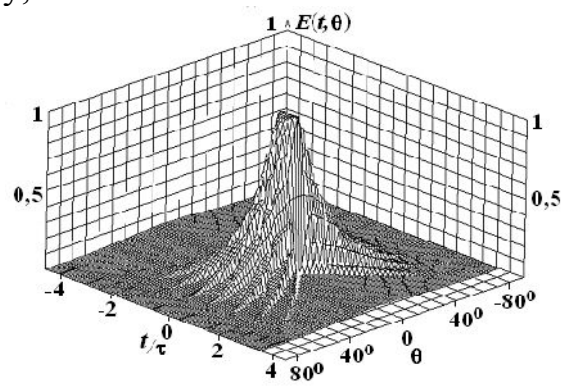


Рис.3 - Взаимосвязь между ДФ и МДН

Э

тот эффект особенно отчетливо виден на объемных МДН рис.4, построенных для моментов времени: $|t|=0$ (слева); $|t|=$ (справа). Анализ показывает, что, по мере увеличения времени наблюдения t в одном и том же направлении амплитуда снижается, при этом в центре самой ДН появляется провал, который расширяется. Это связано с тем, что поле в дальней зоне антенны по разным угловым направлениям имеет различную форму.

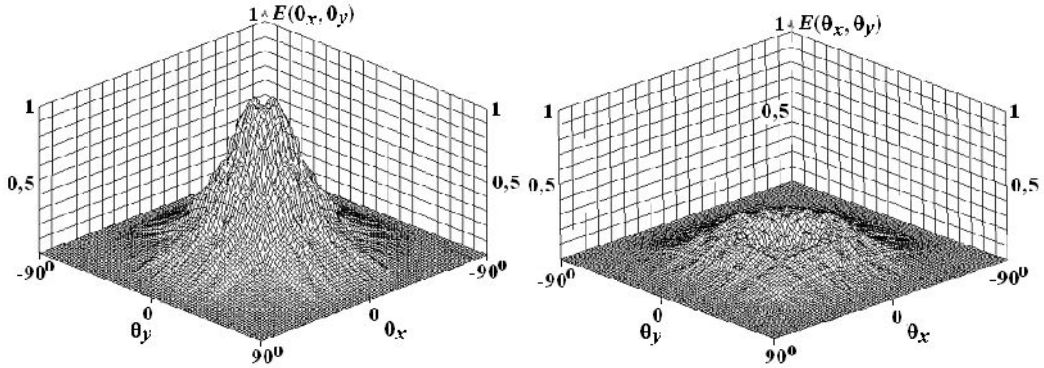


Рис.4 – Объемные МДН антенной решетки

Исследование влияния типа импульса на объемную МДН решетки ($d_x = d_y = 2c$) в момент $|t|=0$ показало, что форма ДН и ее ширина зависят от

формы сигнала. МДН скачкообразно изменяется для сигналов, имеющих резкие фронты (рис.5,слева - прямоугольный импульс) и плавно для сигналов с невыраженными фронтами (рис.5,справа – гауссов импульс). Физический смысл скачкообразного эффекта состоит в запаздывании волн, излучаемых дискретным набором излучателей в заданном направлении. Со смещением точки наблюдения от нормали к решетке импульсы, излучаемые решеткой, приходят в точку наблюдения не одновременно, а с запаздыванием. Если запаздывание становится больше длительности импульса, то от излучающего элемента вклада мощности в МДН не будет, что объясняет ступенчатый вид МДН. Ширина МДН по уровню 0,7 для прямоугольного и гауссовского импульсов почти одинакова, но отличается по другим уровням.

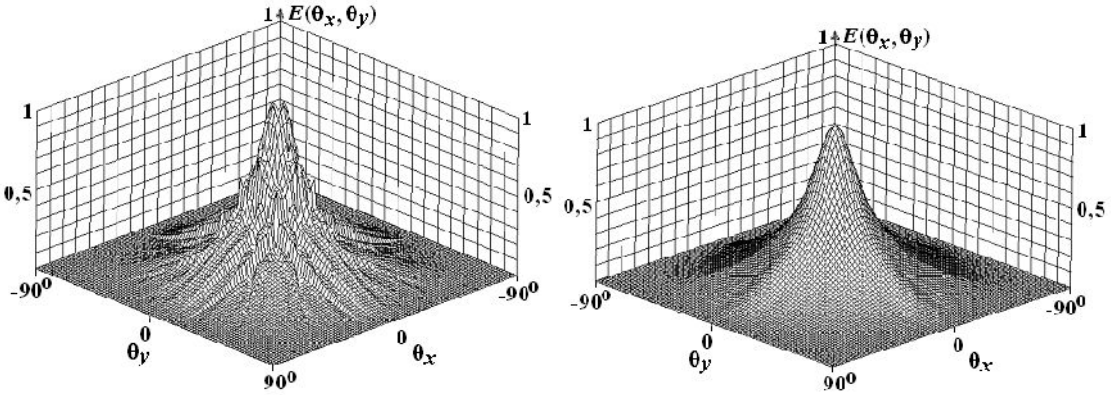


Рис.5 – Изменение МДН в зависимости от формы импульса

3. Моделирование энергетических диаграмм направленности антенной решетки

При оценке распределения энергии антенны в пространстве, когда используется ЭДН, можно повторить выводы, приведенные выше для МДН, относительно зависимости от формы импульса, количества излучателей и межэлементного расстояния решетки. Сравнительный анализ ЭДН (рис.6) решеток ($d_x = d_y = 4c$) с различными типами излучателей (слева - вибраторных; справа – диэлектрических) подтвердил влияние типа излучателя на форму ДН.

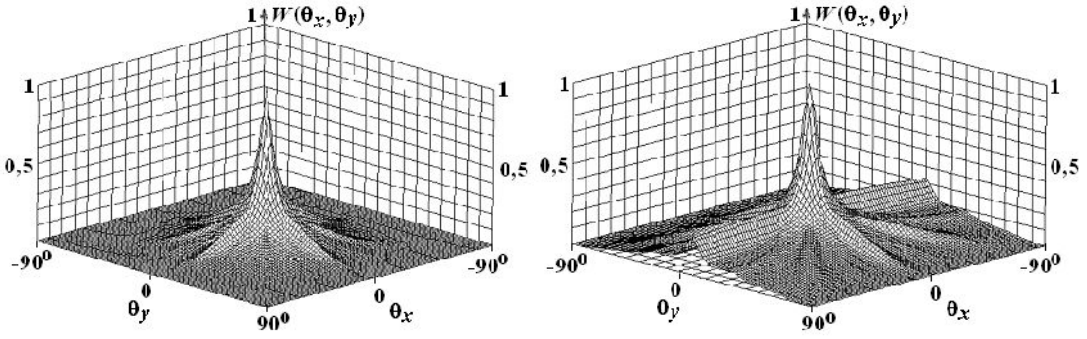


Рис.6 – Форма ЭДН антенных решеток с различными типами излучателей

Заключение

На основе проведенного моделирования и анализа результатов [3] можно сделать следующие выводы. МДН скачкообразно изменяется для сигналов, имеющих резкие фронты, и плавно для сигналов с невыраженными фронтами. Форма излучаемого поля во времени повторяет форму сигнала, что совпадает с выводами работы [4]. Амплитуда излучаемого поля зависит от угловых координат и от времени, с увеличением времени наблюдения t в том же направлении амплитуда снижается. Форма диаграммы направленности зависит от угловых координат, времени и формы импульса, при $|t|\geq 0{,}5$ МДН начинает разваливаться, и от нее отделяются боковые лепестки. В случае ЭДН качественно можно повторить выводы, приведенные выше для МДН, относительно зависимости от типа импульса, типа и количества излучателей, межэлементного расстояния решетки. Количественная взаимосвязь для ЭДН иная, чем для МДН, в частности, расстояние между излучателями, при котором появляется первый дополнительный максимум, существенно меньше, чем в случае МДН. Объемные формы ЭДН и МДН (при $t=0$) имеют близкий характер, однако влияние формы импульса на форму ЭДН не просматривается (ЭДН имеет равномерный спад с увеличением угла в пределах допустимого межэлементного расстояния решетки).

Таким, образом, в антенных решетках, возбуждаемых наносекундными импульсами, хотя и нет однозначной связи между полевыми и энергетическими характеристиками, но ряд общих закономерностей сохраняется. Аналогичные выводы были получены и относительно зеркальных антенн [5].

Библиографический список

1. Бахрах Л.Д., Литвинов О.С. Характеристики направленности сканирующих антенных решеток, возбуждаемых сверхкороткими импульсами, имеющими “джиттер” // Антенны, 2003. - вып.3-4. -С.24.

2. Воскресенский Д.И., Овчинникова Е.В. Характеристики сканирующих антенн сверхкоротких импульсов, основанные на спектральном анализе // Антенны, 2000. - вып.3. - С.17.

3. Будагян И.Ф., Илюшечкин М.Н., Щучкин Г.Г. Анализ формы наносекундных сигналов. Излучение и распространение. - Saarbruken: Palmarium academic publishing, 2012. - 132 с.

4. Иммореев И.Я., Синявин А.Н. Излучение сверхширокополосных сигналов // Антенны, 2001. - вып.1. - С.15.

5. Будагян И.Ф., Щучкин Г.Г. Моделирование характеристик излучения зеркальных антенн с корректирующим переменным импедансом // Антенны, 2004. - вып.12. - С.6.

УДК 621.396

СВОЙСТВА МИКРОПОЛОСКОВОГО ВИБРАТОРА В МНОГОСЛОЙНОЙ СРЕДЕ ИЗ МЕТАМАТЕРИАЛОВ

Чебышев В.В., Ястребцова О.И., МТУСИ, Москва, Россия

1. Введение

В настоящее время активно исследуется использование метаматериалов в качестве слоистых подложек при создании малогабаритных низкопрофильных антенн систем мобильной связи.

Наиболее перспективными в этом отношении представляются метаматериалы в виде сред с малыми диссипативными потерями и с отрицательными диэлектрической проницаемостью ε и магнитной проницаемостью μ. Такого рода материалы применяются при создании различного вида резонаторов, микрополосковых цепей и антенн резонаторного типа. Существуют отдельные работы по исследованию полей элементарных вибраторов электрического и магнитного типов в слоистых средах из метаматериалов.

Показано [1], в частности, что в этом случае увеличивается излучаемая мощность, уменьшается реактивная часть входного сопротивления и добротность, что указывает на возможность увеличения эффективности излучения (усиления) и изменения электрических размеров антенны.

Свойства метаматериалов могут быть реализованы на частотах в диапазоне 50-100 ГГц (модель плазмы) и для более высоких частот - 300-600 ГГц и выше (монокристаллическая модель). Следует отметить существенный недостаток излучателей в средах из метаматериалов, который предполагает их работу на отдельных резонансных частотах, то есть в условиях сильной частотной зависимости. Для уменьшения последней и получения практически реализуемых излучателей можно предложить использование многослойных структур со слоями из метаматериалов и диэлектриков с внедренной волноводопроводящей металлической структурой. Слоистые структуры из диэлектриков применяются обычно в технике интегральных схем, что особенно удобно для практики построения микрополосковых антенн.

Известно [2], что в такой слоистой структуре могут возникать направляемые электромагнитные волны ТЕ и ТН (волны высших типов), которые существенно влияют на добротность и направленные свойства антенн. Поэтому выбор параметров слоистой структуры (диэлектрической проницаемости и толщины слоя), обеспечивающих отсутствие указанных волн, должен удовлетворять определенным условиям.

2. Постановка задачи и метод исследования

Таким образом, возникает необходимость электродинамического анализа излучающих микрополосковых структур в многослойных средах с указанными выше свойствами. Для плоской слоистой среды с одной границей раздела сред электродинамическая задача о поле диполя была решена еще Зоммерфельдом. Появление дополнительных границ раздела сред (трех и более) вызывает существенное усложнение задачи и требует разработки специальных методов построения тензорной функции Грина, которая является способом представления поля как решения электродинамической задачи.

Предлагается методика расчета микрополоскового вибратора на многослойной подложке с экраном, включая слои из метаматериалов. Методика основана на адекватной математической модели микрополоскового вибратора в многослойной среде, учитывающей топологию полосковых проводников и способ возбуждения вибратора. Используя интегральное представление поля вибратора на основе тензорной функции Грина слоистой среды, приводится обращение электродинамической задачи к интегральному уравнению первого рода для тока микрополоскового вибратора. Ядро интегрального уравнения содержит элементы тензорной функции и определяет его слабую особенность. Для полученного таким образом интегрального уравнения Фредгольма первого рода разработан алгоритм численного решения, использующий принцип саморегуляции. Описание адекватной математической модели микрополоскового вибратора в слоистой среде, вид интегрального уравнения для тока вибратора и алгоритм его численного исследования приведены в [3].

3. Результаты численного исследования

При численном исследовании задана двухслойная среда на проводящем экране с диэлектрическими проницаемостями ε_1, ε_2 и высотами H_1, H_2 (рис. 1) с полуволновым полосковым вибратором с шириной полоска $2d=0.05\lambda$, расположенным на границе раздела слоев.

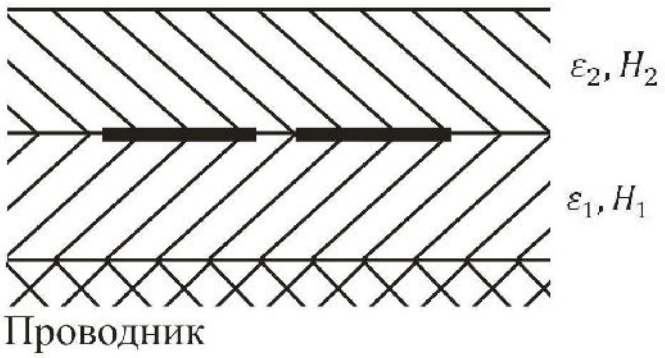


Рис. 1. Двухслойная среда на проводящем экране с полосковым вибратором

На рис. 2 представлена зависимость входного сопротивления полоскового вибратора от его длины (L) для двухслойной среды из диэлектриков с величинами $\varepsilon_1=2$, $\varepsilon_2=4$, которые обычно представляют собой накопители реактивных полей высших типов волн в слоистой среде.

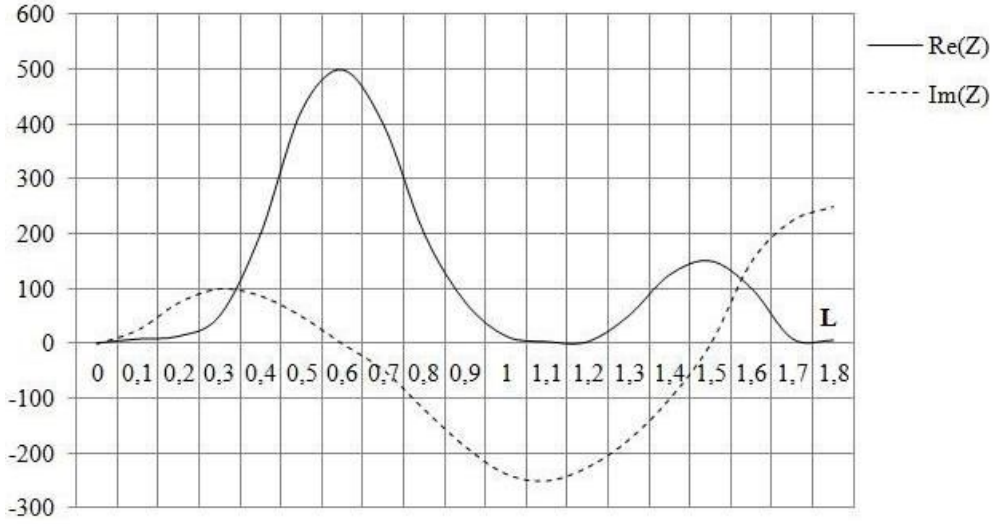


Рис. 2. Входное сопротивление полоскового вибратора в двухслойной среде с $\varepsilon_1=2$, $\varepsilon_2=4$

На рис. 3 представлена зависимость входного сопротивления полоскового вибратора от его длины (L) при задании нижнего слоя в виде метаматериала с $\varepsilon_1=-2$ и слоя укрытия с $\varepsilon_2=4$. Следует отметить отсутствие полей высших типов в среде и отсутствие эффекта укорочения длины вибратора.

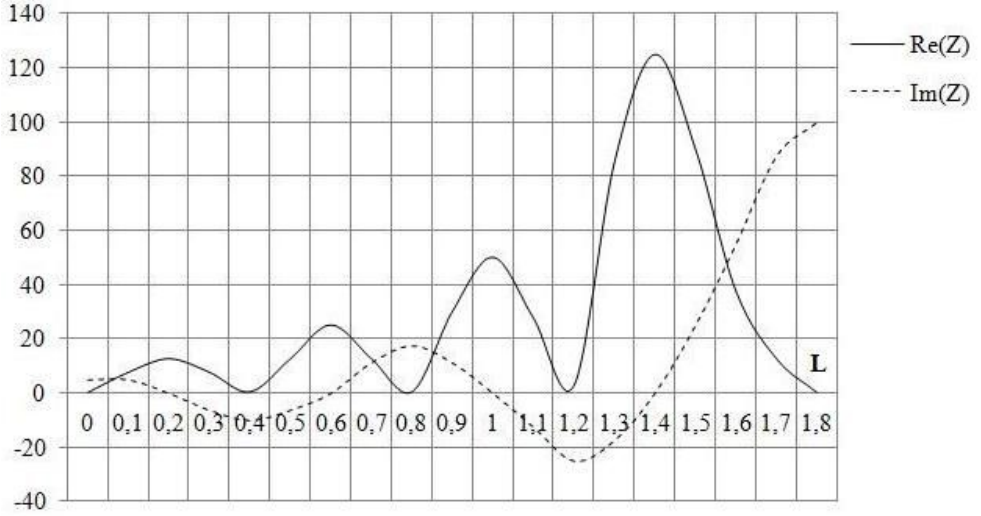


Рис. 3. Входное сопротивление полоскового вибратора в двухслойной среде с $\varepsilon_1=-2$, $\varepsilon_2=4$

На рис. 4 представлена зависимость входного сопротивления полоскового вибратора от его длины (L) при задании верхнего слоя в виде мета-

материала с ε_2=-2 и с диэлектриком подложки ε_1=2. Характер изменения импеданса на рис. 4 тот же, как и для случая рис. 3, но с меньшими резонансными значениями импеданса, что указывает на меньшую частотную зависимость вибратора, то есть на улучшение диапазонных свойств.

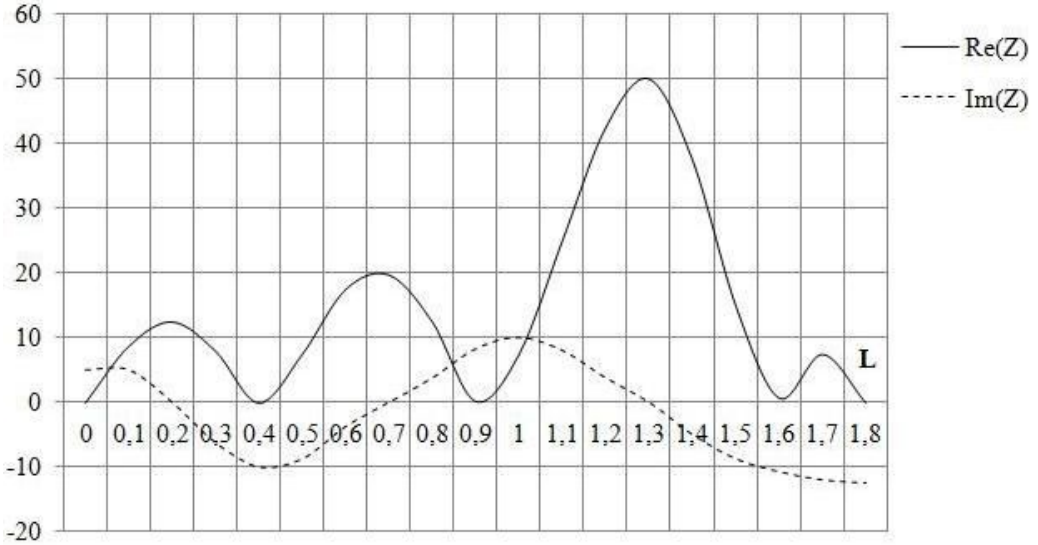


Рис. 4. Входное сопротивление полоскового вибратора в двухслойной среде с ε_1=2, ε_2=-2

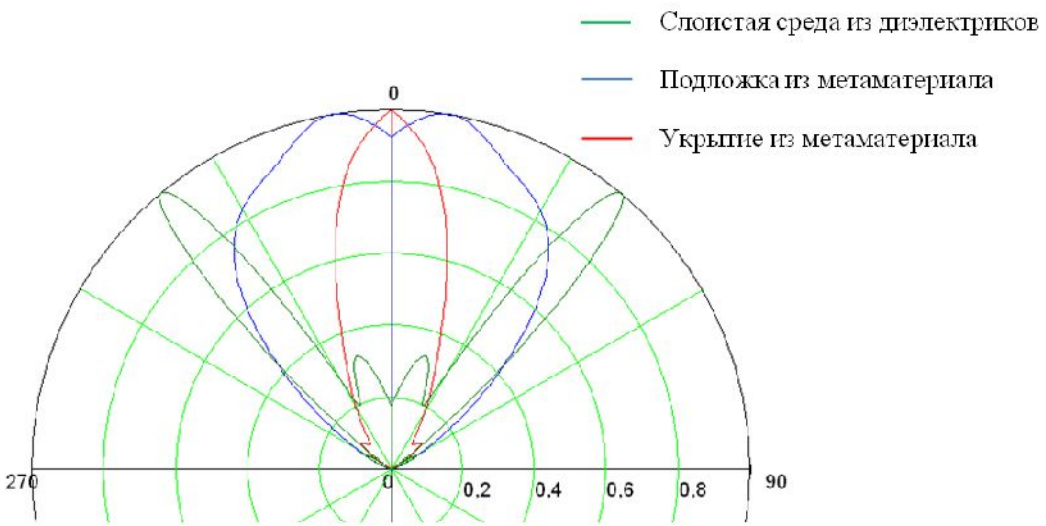


Рис. 5. Диаграммы направленности для трех приведенных случаев

Рассмотрение диаграмм направленности (рис. 5) также приводит к выводу, что наиболее узкой и при отсутствии явления возникновения поверхностных волн и, следовательно, с большим коэффициентом усиления оказывается диаграмма направленности в том случае, когда укрытием является метаматериал.

4. Заключение

Показана применимость методики расчета [3] для микрополосковых излучателей в многослойных средах с применением метаматериалов. Показана предпочтительная реализация в части улучшения диапазонных свойств и улучшения направленности слоистой структуры для микрополоскового вибратора, использующая метаматериалы в сравнении с применяемыми обычно слоистыми структурами из обычных диэлектриков по технологии интегральных схем. Наиболее предпочтительным при реализации является случай слоистой среды с метаматериалом в виде укрытия в части изменения входного импеданса вибратора и сужения его диаграммы направленности.

Библиографический список

1. Engheta N., Ziolkowski R.W. A positive future for double-negative metamaterials // IEEE Trans. Microw. Theory Tech. Apr. 2005, v. 53, №4, p. 1535-1537

2. Baccarelli P., Burghignoli P. Modal properties and radiative features of surface and leaky waves on metamaterial grounded slabs - Proceedings of the European Microwave Association Vol. 2; June 2006; 180–186

3. Чебышев В.В. Вычислительная электродинамика для полосковых структур в слоистых средах – М.: ПСТМ, 2013

УДК 621.396

СИНХРОННОЕ ДЕТЕКТИРОВАНИЕ СИГНАЛОВ АКТИВНЫХ РЕЗОНАНСНЫХ ПЬЕЗОДАТЧИКОВ

Серов В.Н., Федотов М.С., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Введение

В настоящее время широко используются датчики магнитных полей, основанные на различных физических эффектах, позволяющих преобразовать величину или направление измеряемого магнитного поля в электрический сигнал [1-3]. К их числу относятся и пьезоэлектрические датчики, выполненные на тонких связанных биморфных пластинах.

1. Принцип действия резонансного пьезодатчика

Пластины жёстко закреплены с одного конца, а на другом конце тонким проводом наматывается катушка возбуждения, на которую подаётся сигнал переменного тока. Магнитный момент этой катушки (M) стремится

установиться по направлению вектора измеряемого магнитного поля (H), что приводит к изгибу конструкции и появлению на её гранях переменного электрического сигнала, амплитуда которого пропорциональна напряжённости магнитного поля. На рис.1 приведена структурная схема аналого-цифрового устройства, регистрирующего сигналы подобных пьезодатчиков.

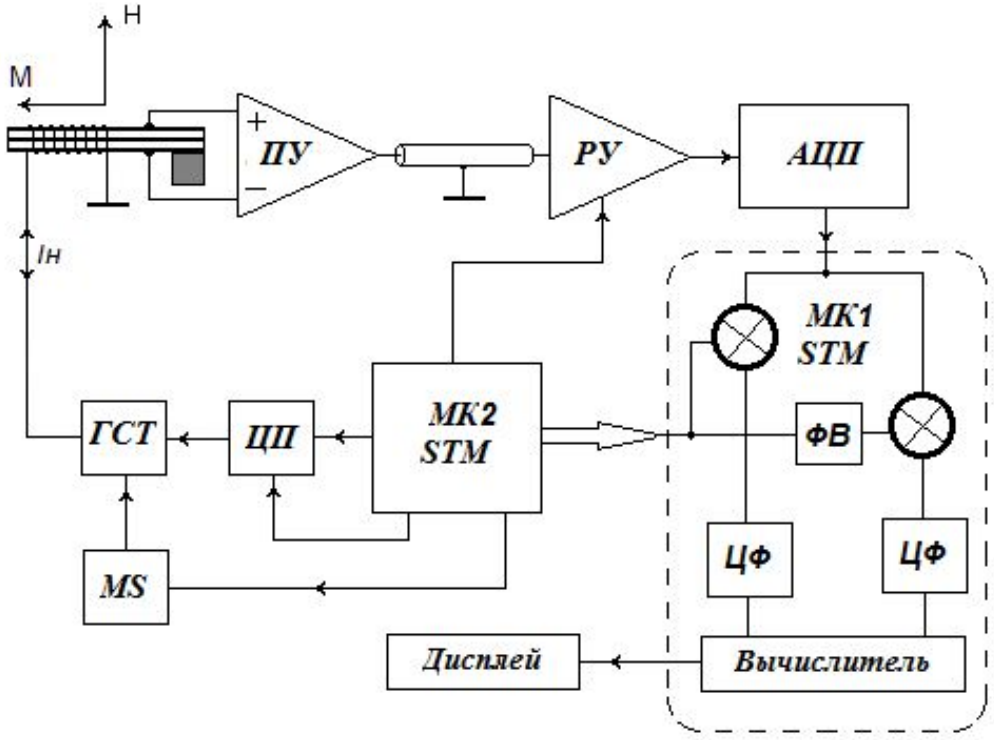


Рис.1. Структурная схема регистрирующего устройства

Аналоговая часть устройства содержит предусилитель (*ПУ*), который расположен в непосредственной близости от пьезодатчика и конструктивно выполнен в едином с ним блоке. Пьезодатчик генерирует зарядовый сигнал, начиная от единиц пикокулон и выше, с высоким выходным сопротивлением. Необходимо преобразовать этот сигнал в низкоимпедансный сигнал напряжения. Для этой цели используется предусилитель на основе ИМС INA326. Сигналы с пьезодатчика подаются на высокоомные входы микросхемы, тем самым реализуется режим высокоимпедансного усиления. Сигнал напряжения через соединительный кабель поступает на регулируемый усилитель (*РУ*), который является основой приёмной части устройства.

Далее в тракте обработки сигнала используется высокоточный ∑Δ - преобразователь (*АЦП*) типа ADS1254, который обеспечивает широкий динамический диапазон и 24-битное разрешение. В основе процесса регистрации сигналов активных пьезодатчиков оказалось возможным использовать операцию синхронного детектирования [4]. Это связано с тем, что регистрируемый сигнал возникает на частоте механического резонанса из-

гибных колебаний пьезопластин и имеет ту же частоту, что и сигнал накачки. Фактически процесс обработки состоит в приёме входного гармонического сигнала с известной частотой и неизвестной фазой.

2. Алгоритм обработки сигналов

Алгоритм обработки поясняет структурная схема на рис.1. Она содержит два микроконтроллера МК1 и МК2 семейства STM32F10X. В МК1 непрерывно выполняется операция синхронного детектирования входного гармонического сигнала. Для этого после АЦП каждая выборка входного сигнала умножается на синусную и косинусную составляющие ординаты сигнала накачки. Косинусная составляющая реализуется в цифровом фазовращателе ФВ. Далее в обоих каналах осуществляется цифровая фильтрация для выделения постоянных составляющих и в вычислителе находится корень квадратный из суммы квадратов сигналов в указанных каналах обработки. После вычислителя результаты дополнительно усредняются и выводятся на дисплей.

Для работы АЦП типа ADS1254 на его вход CLK необходимо подать тактовый сигнал, частота которого будет определять частоту дискретизации при оцифровке сигнала. Получение данных с АЦП осуществляется по протоколу совместимому с SPI. Дело в том, что вывод DOUT/DRDY АЦП используется как для вывода данных по SPI, так и для оповещения о готовности очередного отсчета. В связи с этим возникают трудности при использовании аппаратного SPI микроконтроллера в сочетании с использованием режима прямого доступа к памяти (DMA). Еще одна проблема при использовании аппаратного SPI – разрядность данных. АЦП выдает 24-х разрядные данные, а SPI микроконтроллера STM32F10X работает только в 8-ми или 16-ти разрядном режиме. По этой причине для работы с АЦП в микроконтроллере используются следующие настройки:

-таймер TIM2 настроен на инвертирование выхода с частотой 2,88 МГц для получения сигнала, используемого в качестве тактового для АЦП;

-таймер TIM1 тактируется от выходного сигнала TIM2 и настроен для деления частоты на 384 для получения частоты дискретизации;

-SPI1 настроен в полнодуплексном 16-ти разрядном режиме и используется для чтения данных с АЦП;

-канал 5 DMA1 настроен на передачу из памяти в периферийный регистр и используется для запуска передачи данных по каналу 3 DMA1. Запуск передачи данных по каналу 5 DMA1 настроен по прерыванию таймера TIM1;

-канал 3 DMA1 используется для последовательной записи 2-х произвольных 16-ти разрядных значений в регистр данных SPI1 и, таким образом, обеспечивает получение 4-х байт данных по SPI в ведущем режиме;

-канал 2 DMA1 используется для последовательного чтения 2-х 16-ти

разрядных значений из регистра данных SPI1 и в сочетании с каналом 3 DMA1 обеспечивает получение 4-х байт данных по SPI.

Второй контроллер МК2 необходим для непрерывной генерации сигнала накачки, в его оперативной памяти записаны нормированные ординаты синусной функции: (2-4) тысячи значений на период. Этот микроконтроллер работает как на передающую так и на приемную части устройства регистрации. Он содержит в своем составе ЦАП для предварительного формирования аналогового сигнала накачки и одновременно по команде МК1 передает текущие значения сигнала накачки для проведения операции умножения в блоке синхронного детектирования.

Гармонический токовый сигнал накачки для пьезодатчика окончательно формируется с помощью генератора стабильного тока (*ГСТ*) после МК2. ГТС выполнен на основе операционного усилителя типа OPA2314. При этом плавная регулировка сигнала накачки обеспечивается с помощью цифрового потенциометра (*ЦП*) ИМС типа AD5262, а ступенчатая – с помощью мультиплексора (*MS*) ИМС типа MAX4617 и набора выходных резисторов.

Вычислительные возможности микроконтроллеров семейства STM32F10X позволяют обрабатывать сигналы активных пьезодатчиков с резонансными частотами до 10 кГц. При этом регистрация сигналов осуществляется в масштабе времени, обеспечивающем непрерывную визуализацию амплитуды полезного сигнала.

Заключение

Синхронное детектирование в виде цифровой процедуры позволило устранить временные и температурные нестабильности в процессе измерений, что дало возможность определить в широком динамическом диапазоне коэффициенты преобразования и провести оценку предельной чувствительности ряда активных пьезодатчиков, предназначенных для измерения напряжённостей магнитных полей.

Библиографический список

1. Lentz J. and Edelstein A.S. Magnetic sensors and their applications // IEEE Sensors Journal, 2006. Vol. 6. No 3. P.631-648.

2. Fetisov Y.K., Chashin D.V., Segalla A.G., Srinivasan G. Resonance magnetoelectric effects in a piezoelectric bimorph // J. Appl. Phys. 2011. V. 110. Paper 066101.

3. Fetisov Y.K. Piezoelectric Resonance Sensors of DC Magnetic Fields // IEEE Sensors Journal. 2014. Vol. 14. Issue 6. P. 1817-1821.

4. Гоноровский И.С. Радиотехнические цепи и сигналы. Учебник для ВУЗов - М.: Радио и связь, 1986.-512с.: ил.

УДК 537.86; 621.396.67.095.3; 621.396.674.3

ЭВОЛЮЦИЯ СПЕКТРОВ СИГНАЛА ПЛАЗМЕННОЙ НЕСИММЕТРИЧНОЙ ВИБРАТОРНОЙ АНТЕННЫ

Богачев Н.Н.[1,2], Богданкевич И.Л.[1,2], Андреев С.Е.[1,2], Гончаров П.Ю.[1],
[1]МГТУ МИРЭА, Москва, Россия,
[2]ИОФ РАН, Москва, Россия

Введение

Одной из актуальнейших тем исследований в современной радиофизике является использование плазменных технологий в антенной технике. Помимо разработок связанных с плазменной кремниевой антенной PSiAN (Plasma Silicon Antenna) [1] и взрывными плазменными антеннами [2], наиболее перспективной для использования является низкотемпературная плазма в газоразрядных трубках [3-6], благодаря её свойствам малой радиолокационной заметности, быстрого включения/выключения и быстрой перестройки (безынерционного изменения параметров).

На сегодняшний день ключевым направлением изучения плазменных антенн из газоразрядных трубок является исследование нелинейных искажений сигнала [7] и подбор режимов прием-передачи с минимальными искажениями сигнала. Искажения могут быть связаны с взаимодействием электромагнитной волны (ЭМВ) с плазмой и токовыми неустойчивостями в плазме (если плазма формируется импульсным разрядом постоянного тока).

Для определения причин нелинейных искажений в плазменных антеннах необходимо изучить излучение ЭМВ плазменной антенной, взаимодействие плазменных частиц (электронов и ионов) с электромагнитной волной (ЭМВ), излучаемый сигнал плазменной антенны. Экспериментальное решение ряда перечисленных задач для плазменных антенн в газоразрядных трубках крайне трудоёмко или сложновыполнимо, поэтому подобные задачи первоначально необходимо решить с помощью численного моделирования. Для низкотемпературной плазмы газового разряда наиболее распространены и верефицированы две модели: 1) модель по теории Друде, 2) модель методом крупных частиц ("частица в ячейке", PIC метод).

В данной работе проведено численное моделирование плазменной вибраторной антенны PIC методом в электродинамическом коде КАРАТ [8] для исследования сигнала, излучаемого плазменной антенной в различных режимах работы антенны.

1. Режимы работы плазменной антенны

В работах [9,10] приведены результаты моделирования плазменной вибраторной антенны по теории Друде. Плазма по теории Друде описывается как среда с диэлектрической проницаемостью [11,12]:

$$\varepsilon(\omega) = \varepsilon_0 \left(1 - \frac{\omega_p^2}{\omega(\omega - i\nu_e)}\right) \quad (1)$$

где ε_0 – статическая остаточная диэлектрическая постоянная, в случае плазмы определяется вкладом примеси нейтрального газа и равна ε_0=1; $\omega_p = \sqrt{\frac{4\pi e^2 n_e}{m}}$ – плазменная частота, ω – циклическая частота электромагнитной волны, ν_e – частота столкновений электронов.

В [9,10] обнаружены три режима работы плазменной антенны: неизлучательный, нелинейный и линейный. Эти режимы связаны с условиями распространения поверхностной волны на плазменном цилиндре радиуса r_0 и определяются соотношением плазменной частоты f_p и частоты электромагнитной волны f_0. Как показано в [9,10] распределение электрического поля E вдоль антенны и диаграмма направленности меняются при изменении режимов работы плазменной антенны. В линейном режиме работы характеристики плазменной антенны наиболее близки к характеристикам аналогичной металлической антенны.

2. PIC модель плазменной антенны

Моделирование плазмы по теории Друде дает неполное представление о полученных режимах работы плазменной антенны. Модель Друде не учитывает взаимодействие частиц плазмы (электронов и ионов) в электромагнитной волной и влияние этого взаимодействия на излучаемый сигнал. В проведенном исследование мы моделировали плазменную вибраторную антенну с теми же параметрами, что и в работах [9,10]: длина l=4 см, радиус r=0,5 см, концентрация плазмы n_e=10^{10}-10^{12} см$^{-3}$, несущая частота сигнала f_0=1,7 ГГц (ω_0=1,07·10^{10} с$^{-1}$), но плазма задавалась помощью PIC метода. Излучаемый сигнал с несущей частотой f_0=1,7 ГГц представляет собой импульс гауссовой формы длительность τ_u=15 нс.

Схема PIC модели плазменной вибраторной четвертьволновой антенны представлена на Рис.1. Из коаксиального кабеля 1 электромагнитная волна поступает на плазму в диэлектрической трубке 2, которая вместе с металлическим экраном 3 образует несимметричную вибраторную

антенну. На границах счетной области размещён идеально согласованный слой PML.

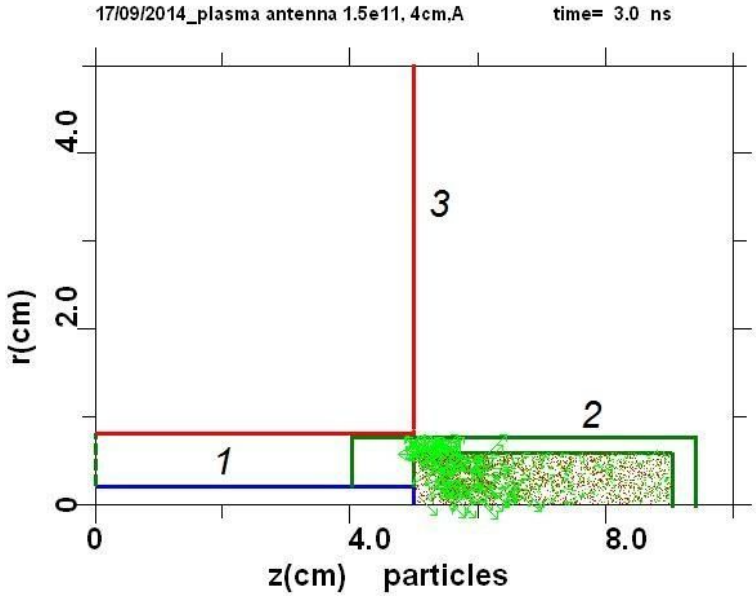
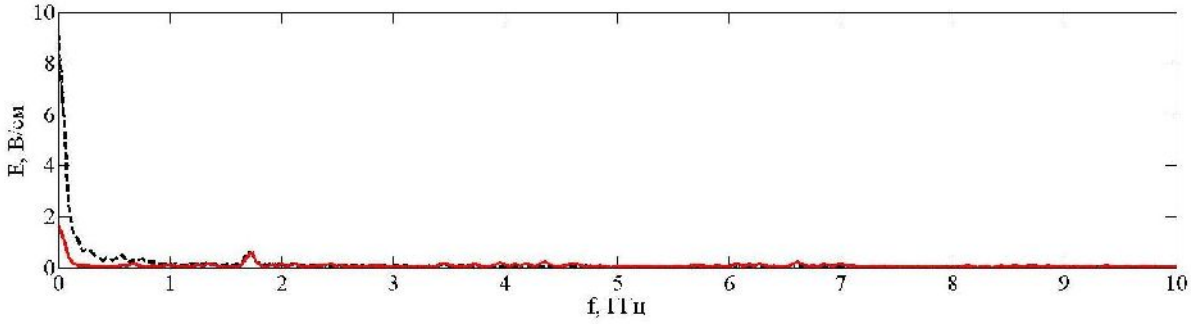


Рис. 1. Схема численной модели плазменной вибраторной антенны: 1 – коаксиальный кабель, 2 – диэлектрическая трубка с PIC плазмой, 3 – металлический экран

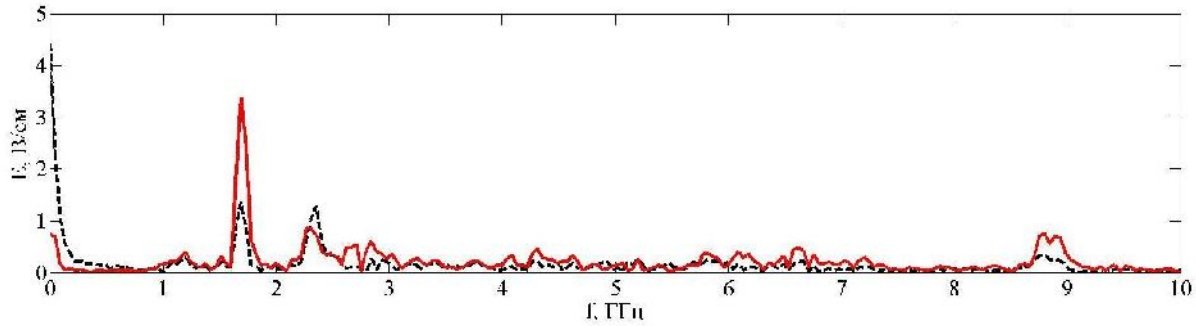
Сигнал фиксируются внутри плазмы в точках z=5,5 см, r=0,2 см z=7 см, r=0,5 см, в ближней зоне антенны точка z=8 см, r=5,8 см. Расположение точки в ближней зоне вынужденная мера, так как увеличение размеров моделируемой области нарушит устойчивость модели.

3. Результаты моделирования

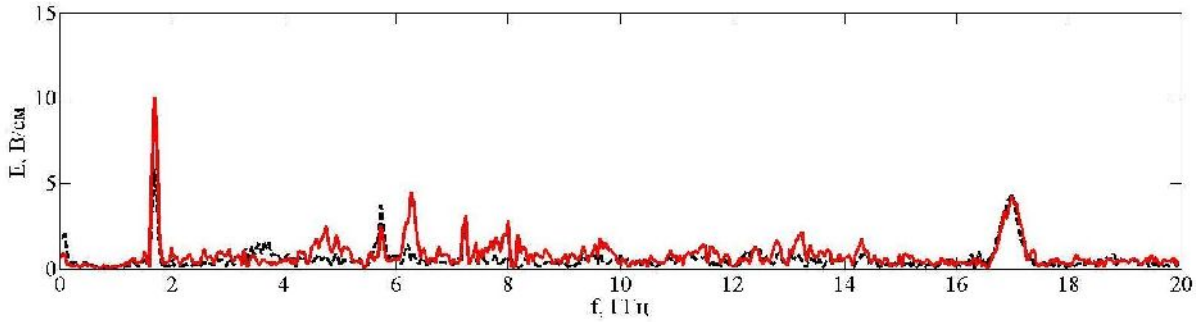
Из результатов моделирования в коде КАРАТ были взяты спектры сигнала проходящего через плазменную антенну в различных режимах работы. Спектры на рис. 2 представлены как зависимость E_z и E_r компонент электрического поля от частоты f.



а)



б)



в)

Рис. 2. Спектры сигнала излучаемого плазменной антенной в неизлучательном (а), нелинейном (б), и линейном (в) режимах работы плазменной антенны

Как видно из рис. 2,а в неизлучательном режиме работы амплитуды E_z и E_r компонент излучаемого сигнала на несущей частоте малы. Наибольшей амплитуды E_z и E_r компоненты достигают в области низкочастотных шумов, а амплитуда E_r больше, чем E_z.

В нелинейном режиме мы видим, что наибольшая амплитуда у составляющей на несущей частоте f_0 =1,7 ГГц для E_z и низкочастотные шумы для E_r. Нельзя не отметить, что в дальней зоне для вибраторной антенны E_r составляющая поля стремится к нулю и поле в дальней зоне определяется E_z компонентой. В спектре сигнала присутствует составляющая на плазменной частоте f_0 =8,5 ГГц, которая для E_z в 3,5 раза меньше по амплитуде, чем на частоте f_0. Также в спектре присутствует гармоника соответствующая полуторной частоте сигнала и широкий спектр высокочастотных шумов.

В линейном режиме в спектре E_z растет амплитуда сигнала на несущей частоте, но растёт и амплитуда на ленгмюровской частоте f_p=17 ГГц и на частоте около 6,2 ГГц, при этом резко снижается амплитуда сигнала в спектре низкочастотных шумов.

Заключение

PIC модель антенны подтвердила связь полученных в модели Друде трех режимов работы плазменной антенны с условиями распространения поверхностной волны. Также она позволила изучить влияния плазменных колебаний на сигнал антенны. В представленной работе впервые показано, что в спектре излучаемого сигнала в нелинейном и линейном режимах работы плазменной антенны появляются ленгмюровские колебания с частотой f_p и высокочастотные гармоники входного сигнала. В излучаемом сигнале наибольшая амплитуда спектра наблюдается на частоте несущей f_0, но при этом имеются высокочастотные шумы в полосе от f_0 до f_p. Причинами присутствия нескольких шумовых составляющих в спектре сигнала в линейном режиме работы могут быть неоптимальные геометрия коаксиального кабеля в схеме на рис. 1 и амплитуда входного сигнала.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ проект № 14-08-31336.

Библиографический список

1. http://www.plasmaantennas.com/products/psian-plasma-antennas.html
2. Аджиев А. Х. и др. //Журнал технической физики. 2007. Т. 77. № 6. С. 88.
3. Borg G. G., Harris J. H., Miljak D. G., and Martin N. M.// Appl. Phys. Lett. 1999. V. 74. No 22. P. 3272.
4. Alexeff I., Anderson T., Parameswaran S., Pradeep E. P., et. al.// IEEE Trans. on plasma science 2006. V. 34. No. 2. P. 166.
5. Истомин Е.Н., Карфидов Д.М., Минаев И.М., Сергейчев К.Ф. и др.// Физика плазмы. 2006. Т. 32. № 4. С. 423.
6. Chen Z., Zhu A., LV J.// WSEAS Trans. on Com. 2013. V. 12. No. 2. P. 63
7. Беляев Б.А., Лексиков Ан.А., и др.// Известия вуз. Физика. 2013. Т. 56. № 8/2. С. 88.
8. Tarakanov V.P., User's Manual for Code KARAT. Springfield: VA, 1992.
9. Богачев Н.Н., Богданкевич И.Л., Гусейн-заде Н.Г.// Прикладная физика. 2014. № 4.
10. Bogachev N.N., Bogdankevich I.L., Gusein-zade N.G., Sergeychev K.F.// Acta Polytechnica, V. 55, N 1, 2015, p. 30-34.
11. Drude, Zur Elektronentheorie der Metalle, Ann.d.Phys.,v.1,1900, p.566.
12. Рухадзе А.А.// Инженерная физика. 2014. №1. С. 28.

УДК 535.421

ДИАГРАММЫ РАССЕЯНИЯ ПЛОСКИХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН НА НЕПРОЗРАЧНОМ ПРЯМОУГОЛЬНИКЕ ПРИ Е – И Н – ПОЛЯРИЗАЦИЯХ ПАДАЮЩЕЙ ВОЛНЫ, ДЛЯ ДЛИН ВОЛН 3 И 10 СМ

Кравченко Д.С., Черепанов А.К., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Введение

Задача решается с помощью метода физической оптики (ФО) [1]. Дифракция плоской электромагнитной волны на черных объемных телах и полупрозрачных пластинах (бесконечная лента, диск) рассматривалась 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 *H* – поляризации падающей волны.

1. Постановка задачи

Рассматривается задача о рассеянии плоской электромагнитной волны на прямоугольнике (участке непрозрачной плоскости с размерами 2*а* х 2*б,* ограниченном контуром, проходящим через точки *A,B,C,D*) с эффективным комплексным коэффициентом отражения, при *E* – и *H* – поляризациях падающей волны (рис.1). Диаграммы рассеяния рассчитаны при 4-х углах облучения, для 3-х и 10 см длин волн.

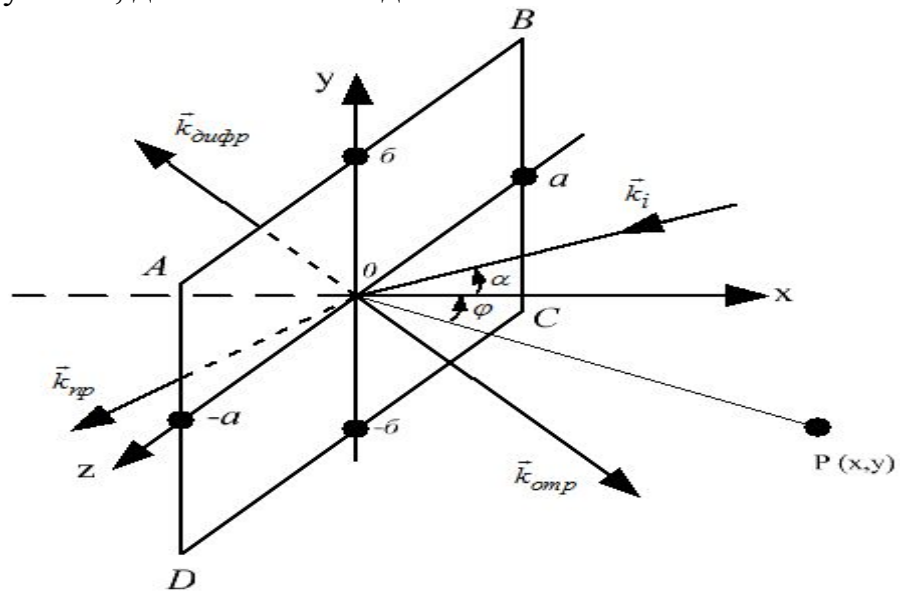


Рис.1 - Геометрия задачи

2. Расчетные параметры

Следует отметить, что аналогичная задача решалась М.В. Весником в работе [5] для полигональной поверхности, в которой результаты приводятся в виде контурных интегралов по краям поверхности, полученных с помощью теоремы Стокса.

На рис.1 *ABCD* – рассеивающая площадка, k_i – волновой вектор падающей волны, α – угол падения, φ – угол наблюдения, P – точка наблюдения, $k_{отр}$ – волновой вектор отраженной волны, $k_{пр}$ – волновой вектор прострельного луча, совпадающего по направлению с продолжением падающей волны, $k_{дифр}$ – волновой вектор дифракционного луча. Графики эффективного комплексного коэффициента отражения (*КО*) исследуемого материала при λ = 3 и 10 см представлены для *E* – и *H* – поляризаций на рис.2.

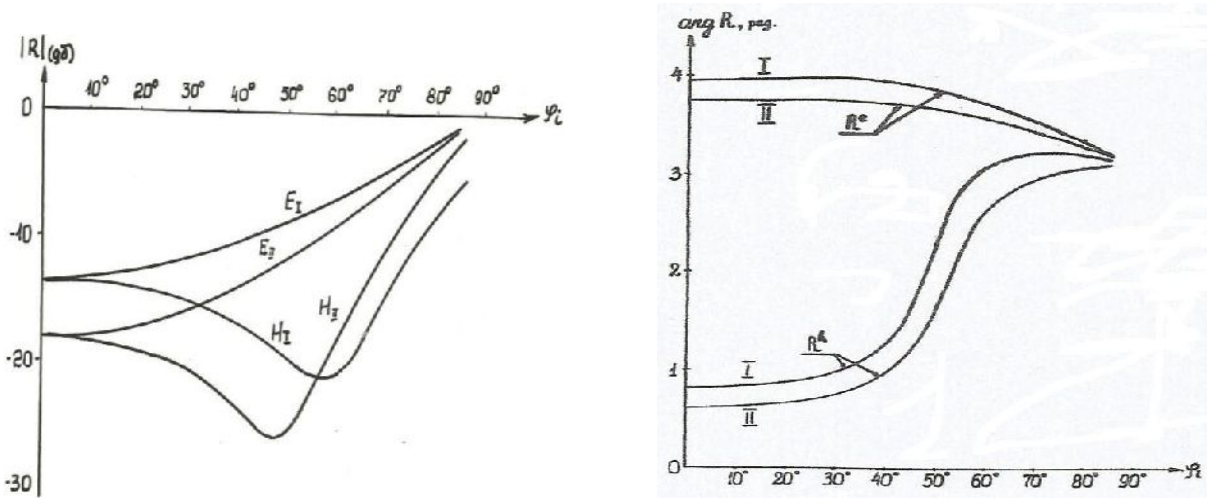


Рис.2. Графики угловых зависимостей коэффициента отражения - модулей для λ = 3 см и λ = 10 см; и фаз *КО* соответственно кривые II и кривые I

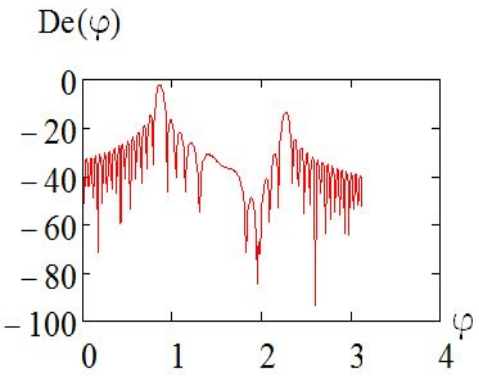
3. Результаты численных расчетов

На рис. (3 - 10) построены диаграммы рассеяния плоских электромагнитных волн в децибелах, для 4 углов падения и длин волн 3 и 10 см: D_e(log E_z(и D_h(logH_z(для *E* – и *H* – поляризаций падающей волны, при эффективном комплексном коэффициенте отражения, модуль и фаза которого приведены на рис. 2, при размерах четырехугольника *а* = 40 см, *б* = 30 см и расстоянии до точки наблюдения *R* =1200 см.

Расчеты и построение диаграмм были выполнены с помощью программы Mathcad.

E – поляризация электромагнитных волн

λ = 3 см **λ = 10 см**



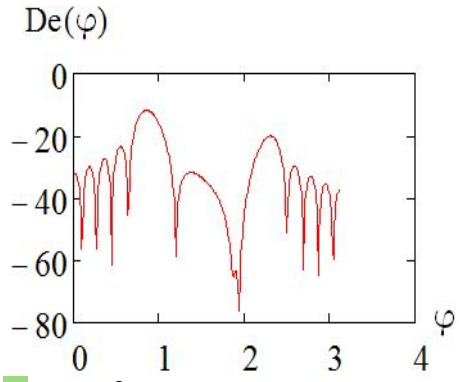
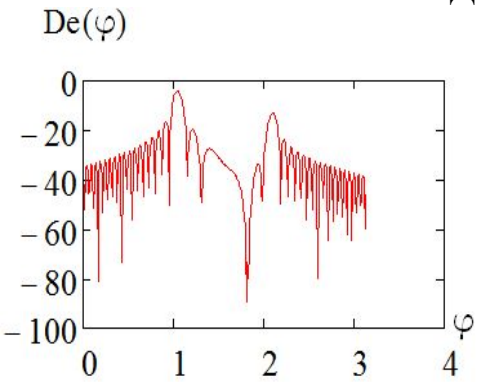


Рис.3 - Диаграммы для = 50^0



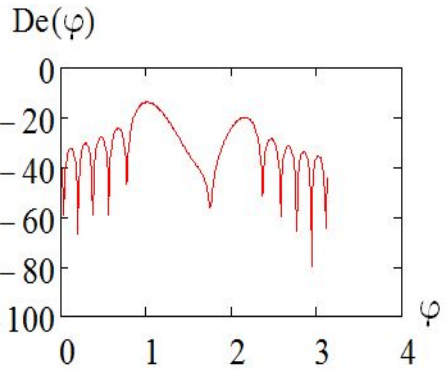
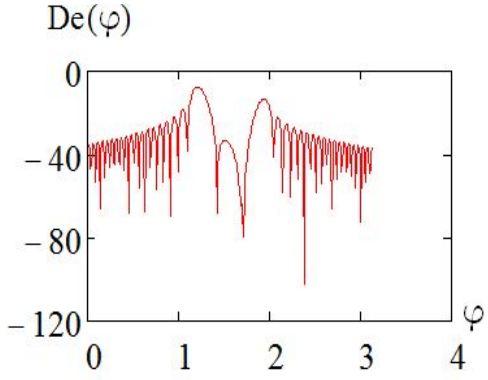


Рис.4 - Диаграммы для = 60^0



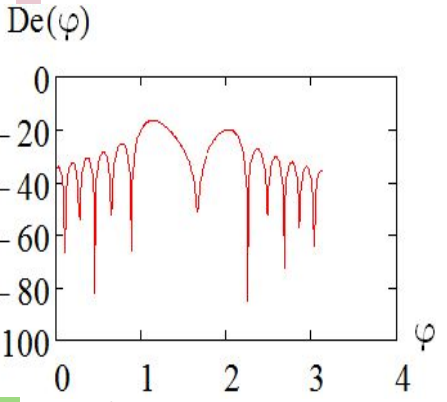
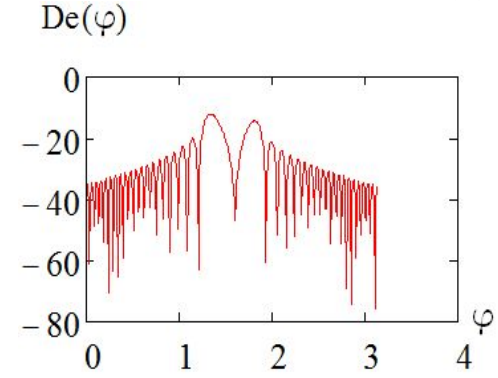


Рис.5 - Диаграммы для = 70^0



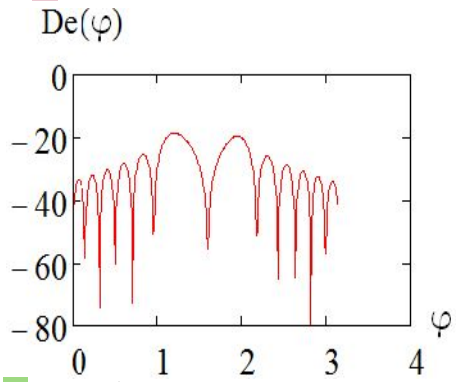


Рис.6 - Диаграммы для = 80^0

H – поляризация электромагнитных волн

λ = 3 см **λ = 10 см**

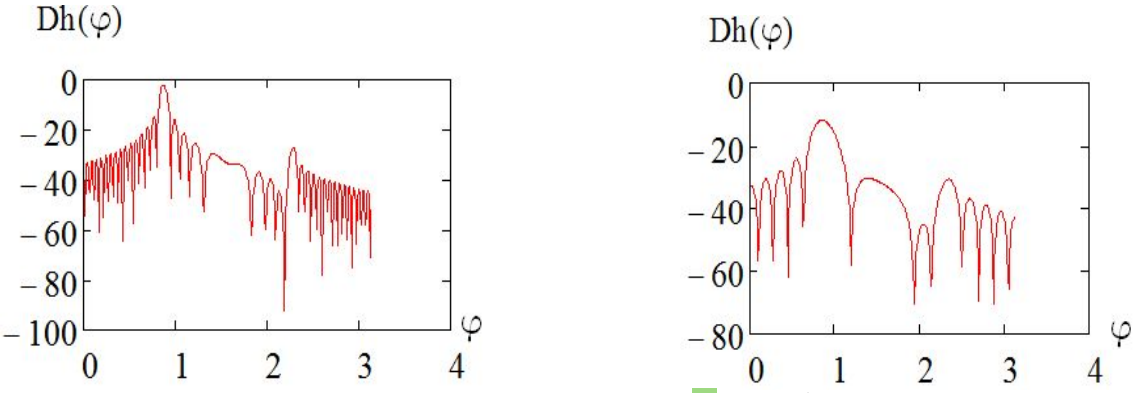


Рис.7 - Диаграммы для = 50^0

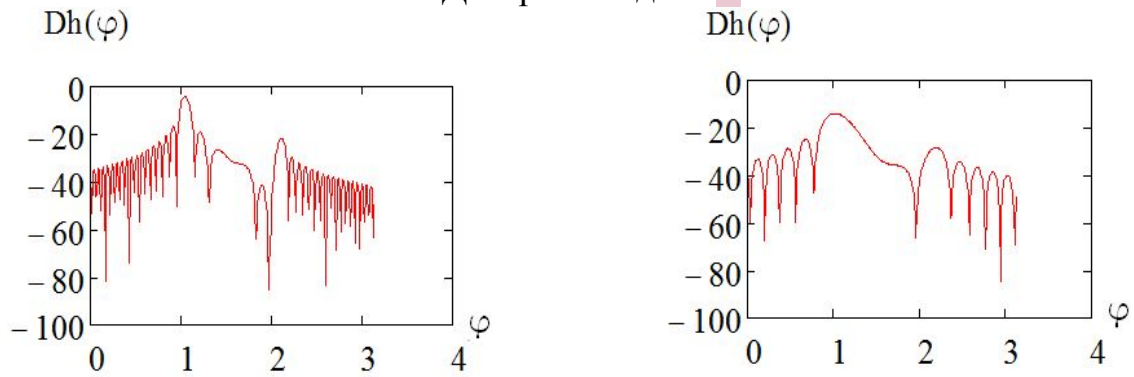


Рис.8 - Диаграммы для = 60^0

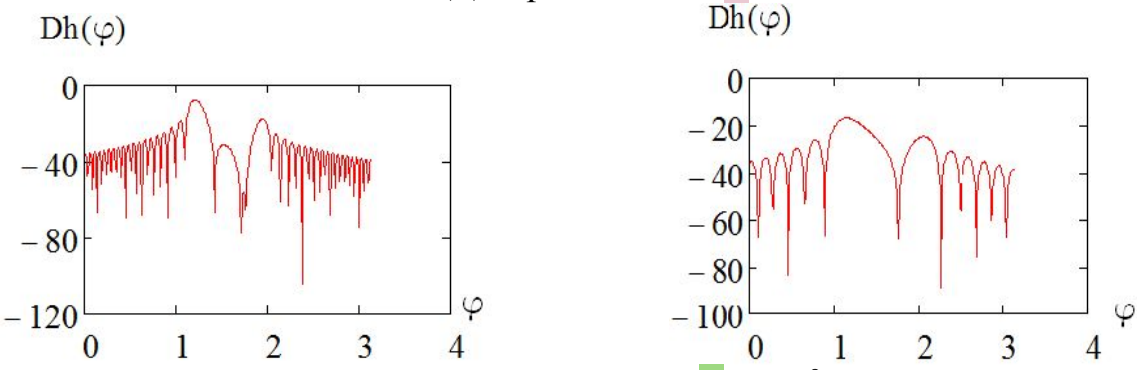


Рис.9 - Диаграммы для = 70^0

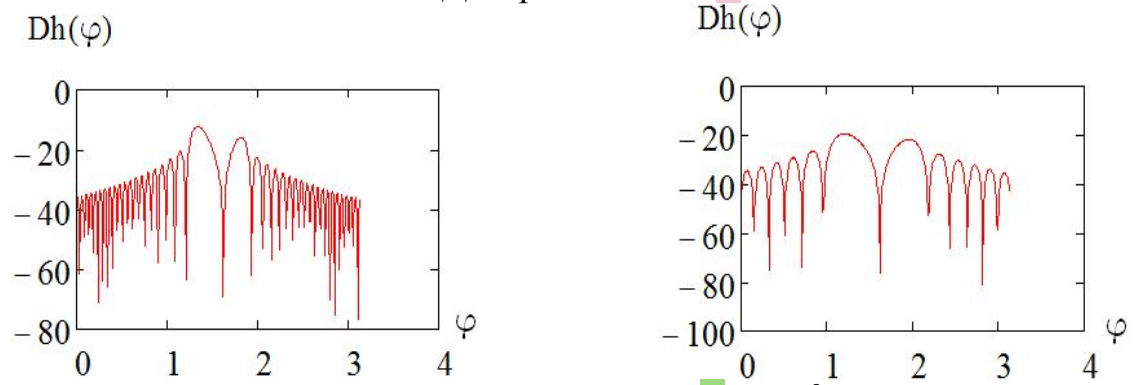


Рис.10 - Диаграммы для = 80^0

Заключение

Диаграммы рассеяния (рис. 3 – 10) имеют осциллирующий характер. При длине волны 3 см они более изрезаны, чем при длине волны 10 см.

На рисунках можно выделить максимумы, связанные с направлением зеркально отраженного луча $\varphi \approx \alpha$ (зеркальный луч) и $\varphi = \pi - \alpha$ (прострельный луч).

Наибольшие различия для E – и H – поляризаций наблюдаются при углах $\alpha = 50^0$ и 60^0 поскольку при этих углах модуль *KO* имеет минимумы и значительно отличается от модуля *KO* при E – поляризации.

Угловое расстояние между главными лепестками (зеркального и прострельного) лучей уменьшаются при возрастании угла падения.

Библиографический список

1. П.Я. Уфимцев. "Метод краевых волн в физической теории дифракции". - М.: Изд. "Советское радио", 1962. С.48 – 53.

2. П.Я. Уфимцев. "Дифракция на черных телах и на полупрозрачных пластинах".− Известия вузов том XI, № 6. Радиофизика. 1968. С.1867–1869.

3. А.К. Черепанов. "Дифракция плоской электромагнитной волны на неограниченном поглощающем клине". − Межвузовский сборник научных трудов "Вопросы повышения эффективности радиоэлектронных систем", М: Министерство образования и науки РФ, МГТУ МИРЭА, 2001. 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». Доклад на VI Всероссийской научной конференции "Радиофизические методы в дистанционном зондировании". 27.05 – 29.05.2014, г. Муром. С. 272 – 277.

5. М.В. Весник «О возможности построения уточненного эвристического решения в задаче дифракции на плоском угловом секторе». Радиотехника и электроника, 2011, том 56 , № 5 С. 57

УДК 621

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ НЕЛИНЕЙНЫХ ПРОЦЕССОВ В ТОНКОСТЕННЫХ УПРУГИХ ТРУБКАХ ПРИ НЕ БОЛЬШИХ ДЕФОРМАЦИЯХ

Сотсков А.И., Кузьмин В.И., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Введение

Задача теоретического описания движения жидкости в упругих

трубках была сформулирована Л. Эйлером [1]. Несмотря на то, что к настоящему времени получены отдельные результаты в случае нелинейной упругости [2], имеются нерешенные вопросы в более простой постановке [3]. Одним из распространенных методов исследования исходных уравнений является поиск солитоноподобных решений [2]. В докладе представлены оригинальные результаты решения полной системы уравнений, описывающей движение жидкости в упругих трубках при небольших деформациях.

1.Материал и методы исследования

Рассмотрим горизонтальную цилиндрическую трубку круглого сечения постоянной толщины с линейно-упругим, не работающим на изгиб материалом стенки, находящуюся в изначальном напряженном состоянии. Примем, что распространяющаяся по трубке волна давления вызывает осесимметричные деформации при неизменной толщине стенки. Будем считать жидкость идеальной и несжимаемой. Тогда с учетом всего вышесказанного в одномерном случае запишем следующую систему уравнений (1):

$$\begin{cases} P_{\text{т}} \dfrac{Eh}{R_0}\dfrac{R - R_0}{R} P_{\text{т}}^0 \dfrac{R_0}{R}, \\ \dfrac{dV}{dt} \dfrac{1}{\rho}\dfrac{((P_{\text{т}} - P_0)S)}{x} 0, \\ \dfrac{S}{t} \dfrac{(VS)}{x} 0, \end{cases} \qquad (1)$$

где $P_{\text{т}}$ $P_{\text{т}}(x,t)$ $P(x,t)$ P_0 – трансмуральное давление в трубке (P – давление внутри трубки, осредненное по поперечному сечению, P_0 const – давление снаружи); $P_{\text{т}}^0$ P_1 P_0 const – трансмуральное давление в исходном напряженном состоянии (P_1 const – внутреннее давление в исходном состоянии); R $R(x,t)$ – радиус просвета трубки; h const – толщина стенки; E const – модуль Юнга стенки; R_0 const – радиус просвета недеформированной трубки; V $V(x,t)$ – продольная скорость жидкости, осредненная по поперечному сечению; t – время; ρ const – плотность жидкости; S $S(x,t)$ – площадь поперечного сечения трубки; x – продольная координата [4].

Рассмотрение оценки 1 R_0/R 2 и первого уравнения (1) с учетом второго уравнения (1) приводит к (2).

$$\frac{V}{t} \quad V\frac{V}{x} \quad B\frac{1}{S}\frac{S}{x}, \tag{2}$$

где $B \quad (P_0 \quad P_т^0 \quad A)/\rho \quad \text{const.}$

Объединив (2) и третье уравнение (1), имеем квазилинейную систему уравнений в частных производных типа Коши-Ковалевской [4].

В качестве аналитического метода решения полученных уравнений Коши-Ковалевской было использовано преобразование годографа [5]. Для численного решения уравнений применялись методы стрельбы и ортогональной прогонки С.К. Годунова [6].

2.Результаты исследования и их обсуждение

С помощью преобразования годографа было найдено аналитическое решение уравнений Коши-Ковалевской, которое характеризуется наличием бегущих волн и стационарных колебаний [4, 6, 7]. На рис.1 построена полученная параметрическая зависимость при следующих значениях параметров:

$$P_0 \quad 760 \text{ мм рт. ст.}, P_т^0 \quad 0, E \quad 10^6 \text{ Н/м}^2, R_0 \quad 9 \quad 10^{-3} \text{ м},$$

$$V \quad 2 \text{ м/с}, \rho \quad 1000 \text{ кг/м}^3, h \quad 10 \text{ м}, L \quad 1 \text{ м},$$

$$P_т(0,t) \quad 10 \quad 10|\sin(\pi t/0{,}05)| \text{ мм рт. ст.}, \; P_т(L,t) \quad 15 \text{ мм рт. ст.}$$

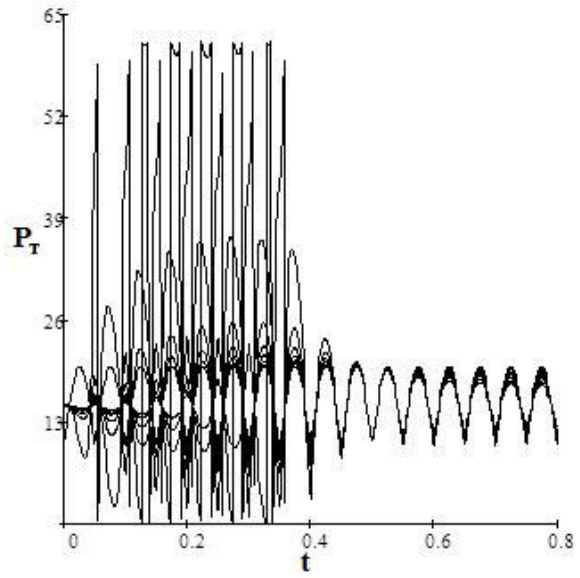


Рисунок 1. Бегущие волны и нелинейные колебания

Численное решение уравнений Коши-Ковалевской (при $P_т^0 \quad 0$) методами стрельбы и ортогональной прогонки С.К. Годунова показало хоро-

шее их совпадение с найденной аналитической зависимостью [6].

Также было получено уравнение простой волны и найдено одно из его частных решений, которое воспроизводит стационарные колебания и характеризуется наличием высокочастотных колебаний (флаттера) [4, 7]. Высокочастотные колебания изображены на рис.2 при следующих параметрах:

$$P_0 \quad 760 \text{ мм рт. ст.}, P_т^0 \quad 0, E \quad 3\ 10^5\ H/\text{м}^2, R_0 \quad 0{,}02 \text{ м},$$

$$V \quad 0{,}2 \text{ м/с}, h \quad 10 \text{ м}, \rho \quad 1000 \text{ кг}/\text{м}^3,$$

$$P_т(0,t) \quad 10 \quad 10\left|\sin(\pi t)\right| \text{ мм рт. ст.}, P_т(L,t) \quad 0, L \quad 0{,}1 \text{ м}.$$

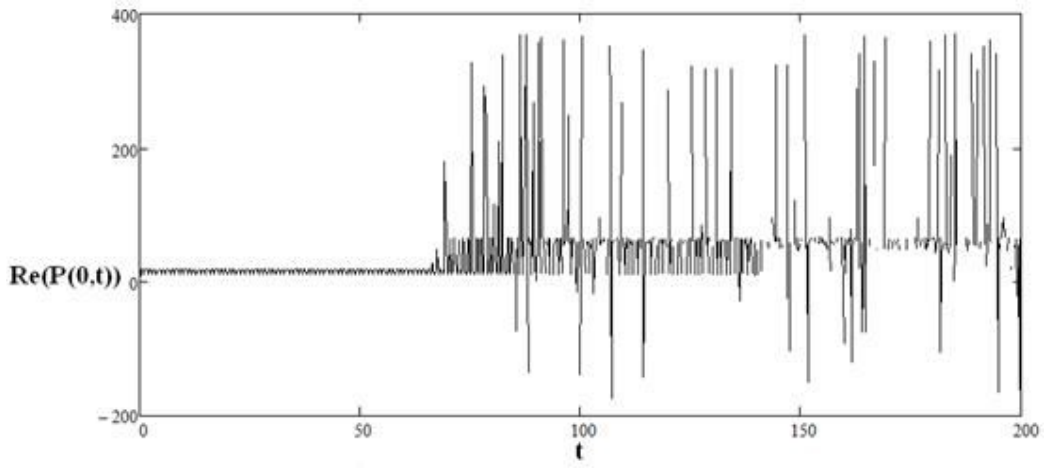


Рис. 2. Высокочастотные колебания

Линеаризация уравнений (1) приводит к волновому уравнению [8].

Заключение

В результате решения полной системы уравнений выявлено существование определенных классов нелинейных процессов: бегущие волны, высокочастотные колебания. Таким образом, введенные допущения позволяют выделить основные характеристики, присущие движению жидкости по упругим трубкам. Рассмотрение некоторых частных случаев позволило установить связь с классическими уравнениями (волновое уравнение, уравнение простой волны).

Библиографический список

1. Euler L. Principia pro motu sanguinis per arterias determinando // Opera Postuma. Mathematica et Physica. Petropoli. 1862. P. 814-823.

2. Fu Y.B., Il'ichev A.T. Solitary waves in fluid-filled elastic tubes: existence, persistence, and the role of axial displacement // IMA Journal of Applied

Mathematics. 2010. V. 75. № 2. P. 257-268.

3. Волобуев А.Н., Кошев В.И., Петров Е.С. Биофизические принципы гемодинамики (гидродинамика течения крови). Самара: Самарский дом печати, 2009. 184 с.

4. Сотсков А.И. Математическая модель нелинейных процессов в больших артериях // Нелинейный мир. 2014. Т. 12. № 8. С. 10-15.

5. Сотсков А.И. Уравнения Коши-Ковалевской как модель нелинейных колебаний крови в аорте // Естественные и технические науки. 2011. Т. 54. № 4. С. 494-497.

6. Сотсков А.И. Нелинейные колебания идеальной несжимаемой жидкости в тонкостенной упругой оболочке // Естественные и технические науки. 2012. Т. 61. № 5. С. 386-393.

7. Сотсков А.И. Математическая модель нелинейных колебаний крови в больших артериях // Естественные и технические науки. 2014. Т. 70. №2. С. 239-246.

8. Сотсков А.И. Аналитические методы моделирования гемодинамики в больших артериях. Вопросы образования и науки: теоретический и методический аспекты: Международная заочная научно-практическая конференция. Апрель 30, 2012. Тамбов. Часть 6. С. 126-129.

СОДЕРЖАНИЕ

Приветственное слово оргкомитета конференции **4**

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

Махутов Н.А., Гаденин М.М.
Расчетно-экспериментальное обоснование безопасности высокорисковых объектов **5**

Коновальчик А.П.
Применение суперкомпьютерных технологий для решения вычислительноемких задач обработки радиолокационной информации **28**

Алдошин В.В.
Состояние и перспективы развития радиотехнических систем воздушно-космической обороны Российской Федерации **32**

Егоров Е.В., Палатов Ю.А., Бычков К.А.,
Николаев А.В., Князев Н.А., Чухлебов Е.И.
Дистанционное зондирование Земли из космоса – перспективное направление развития средств химического мониторинга в интересах обеспечения национальной химической безопасности России **37**

Меньшиков В.А., Чурсин О.Б.,
Разработка аванпроекта региональной системы наземно-космического мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера **48**

Нестеров А.В.
Методология внедрение современных систем управления на производстве научно-производственного предприятия радиоэлектронной промышленности **51**

Арабский А.К., Арутюнян С.Г., Гракович В.Ф.,
Дедученко Ф.М., Докучаев В.А., Дурнев Р.А.,
Клецин В.И., Махутов Н.А.,
Меншиков В.А., Мороз А.П., Приходько В.М.,
Сигов А.С., Якимович Б.А.
Проблемы обеспечения комплексной безопасности-защищенности объектов техноинфраструктуры **68**

СЕКЦИЯ 1: ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАДИОТЕХНИКИ

Бартенев В.Г., Бартенев М.В.
Об оценке производительности плат Arduino **72**

Бартенев В.Г., Марьин С.В.
Простой способ добавить FM диапазон в любой радиоприемник **77**

Битюков В.К., Иванов А.А., Михневич Н.Г., Петров В.А.
Нагрузочные характеристики регулируемого стабилизатора LM317L-N и их изменение с температурой **82**

Битюков В.К., Бартенев В.Г., Гордеев А.Ю.
Сравнение эффективности различных сверхразрешающих методов спектрального анализа для обработки неклассифицированных выборок наблюдения, содержащих ЛЧМ-сигнал **86**

В.Е.Денисов
Искажения акустических синусоидальных импульсов с линейной частотной модуляцией при прохождении морской среды **93**

Денисов В.Е.
Корреляция между входным и выходным сигналами гидроакустического канала связи при входном сигнале в виде высокочастотного импульса с прямоугольной огибающей **98**

Петров С.В.
Оценивание числа стохастических сигналов в условиях параметрической априорной неопределённости **103**

Денисов В.Е.
Искажения акустических импульсов с линейной частотной модуляцией и огибающей типа приподнятый косинус при прохождении морской среды **108**

Бартенев В.Г., Битюков В.К., Карих А.А.
Оценка эффективности использования программируемого графического процессора в задачах статистического моделирования **113**

Коваленко А.Н.
Математическая модель щелевых линий в многослойной диэлектрической среде **119**

Савкин Л.В.
Исследование оптимальных способов размещения контрольных точек для организации встроенного контроля бортового комплекса управления космического аппарата с помощью реконфигурируемой системы функционального контроля и диагностики **125**

Капустин В.И., Капустин Д.В., Захаров А.К.
Исследование физико-химического механизма поверхностной ионизации нитросоединений **130**

Сорокин С.А., Коченко С.Н.
Методика расчёта ограничений мощности передатчиков базовых станций 3G по результатам натурных испытаний с целью обеспечения их ЭМС с РЭС правительственного назначения **134**

Бабенко В.П., Битюков В.К.
Схемотехническое моделирование ШИМ контроллеров **139**

Исаков В.Н.
Алгоритмы случайного поисках в задачах численной оптимизации **146**

Каганов В.И.
Кодовый метод разделения сигналов с помощью функции Вейерштрасса **151**

Капустин В.И., Капустин Д.В. , Захаров А.К.
Исследование электронной концентрации в оксидных бронзах щелочного металла для детекторов паров взрывчатых веществ **155**

Битюков В.К., Монаков В.К., Кудрявцев Д.Ю.
Принцип защиты электроустановок от дуговых замыканий **161**

Копытов Г. Ф., Мартынов А.А., Акинцов Н.С., Алексеенко С.Р.
Энергетические характеристики релятивисткой заряженной частицы в поле амплитудно-модулированной электромагнитной волны **166**

Жуков В.Г., Мельников О.А., Жуков А.Г., Абраменков С.Н., Крымов Р.В., Жукова Ю.И.
Исследование и анализ акселерометра, гироскопа и геомагнитного датчика, выполненных по технологии микроэлектромеханических систем **169**

Антипин Н.А., Манеев Р.Ю., Федулов Ф.А.
Теоретико-числовые аспекты шифра Хилла для матриц 32-го порядка **174**

Тарасов В.П., Лебедев А.В., Рубин К.А.
Ячейка квадратурного анализатора спектра с автоматическим подавлением помех низкоуровневых сигналов **177**

Литвинов А.Г., Албутов А.Н., Давыдов Д.Н., Сабитова А.Х
Способ обеспечения теплового режима модуля системы электропитания ракет **183**

Нестеров А.В., Емельянов К.С., Загрядцкая И.А.
Совершенствование имитационной аппаратуры ЗРК **190**

Митькин А.С., Погорелов В.А., Чуб Е.Г.
Использование распределения Пирсона для синтеза субоптимальных алгоритмов фильтрации многомерного марковского процесса **196**

СЕКЦИЯ 2: СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

Жуков А.В., Пирхавка А.П.
Планирование сеансов связи при выведении полезной нагрузки на орбиту **204**

Куликов Г.В., Тамбовский С.С., Матюшев О.Г., Шебакпольский М.Ф.
Оценка качества связи с беспилотными летательными аппаратами с использованием технологии MIMO **208**

Богаченков А.Н., Киселева Т.П.
Ультразвуковое сканирование покрытий с использованием сигналов с линейной частотной модуляцией **212**

Матюшев О.Г., Шебакпольский М.Ф.
Куликов Г.В., Тамбовский С.С.
Пути реализации перспективной информационно-командной радиосистемы для систем связи с БПЛА **217**

Викторов А.С., Трефилов Д.Н., Шубин В.А.,
Троян С.В., Панков А.В.
Космический мониторинг влажности земной поверхности **223**

Шоуман М.А., Андреев А.М., Иванова Г.С., Ветрова В.В.
Нечеткий метаграф для моделирования автоматического многоагентного поиска информации **227**

Викторов А.С., Трефилов Д.Н., Шубин В.А.,
Тихонов Р.В., Макеенкова Н.С.
Моделирование отражения радиоволн от увлажненной земной поверхности **233**

Абоелазм М.А., Муад Х.М., Нефедов В.И., Шпак А.В., Дементьев
Нелинейные искажения в системах связи с многолучевыми активными антенными решетками **236**

Берикашвили В.Ш., Нефедов В.И., Марков И.Ю., Борец Б.Е.
Матвеев А.Ю., Халимов С.С.
Монолитные интегральные СВЧ-микросхемы для современных телекоммуникационных систем **241**

Дементьев А.Н., Трефилов Д.Н., Шпак А.В., Абоелазм М.А.
Численные методы моделирования плоских спиральных антенн **247**

Шпак А.В., Крутов М.М., Трефилов Н.А.
Петренко Е.О, Муад Х.М.
Малогабаритные плоские спиральные антенны **252**

Парамонов А.А., Тихонова О.В.
Алгоритмы приема цифровых сигналов в каналах с памятью **257**

Колесников С.М., Копсяев Д.А., Пивоваров Ю.С., Тенькаев
И.А., Куликов А.А., Самарин Д.В.
Малогабаритные антенны в системах мобильной связи **260**

Авдеев Т.А., Бондарь А.А., Потапов М.Ю., Тихонова О.В.
Универсальная многоуровневая модель системы цифровой передачи данных **264**

Сосульников А.К., Тихонова О.В.
Исследование метода канального кодирования Галлагера для повышения помехоустойчивости системы цифровой связи **267**

Манеев Р.Ю., Антипин Н.А., Федулов Ф.А.
Особенности перехода России на волоконно-оптические линии связи **272**

Макеенкова Н.С., Аветисов А.С., Троян С.В., Халимов С.С., Кругликов А.П., Круглов К.И.
Моделирование распространения радиоволн систем мобильной связи **275**

Викулов В.М., Геворгян О.А.
Сигналы для высокоскоростной системы передачи цифровой информации **278**

Голуб Б.В.
Синтез защищенной от вскрытия функционально-логической структуры инфокоммуникационной системы **283**

Arsenyev G. N., Shalaby N. K.
Improving the time response of a Phase Locked Loop System by the method of compensation of slowly decaying components of its transfer function **286**

Кузяков Б.А, Тихонов Р.В.
Перспективные методы реализации и селекции орбитальных угловых моментов фотонов в оптических комплексированных телекоммуникационных системах **287**

СЕКЦИЯ 3: РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ И РАДИОНАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

Антонов А.В.
Нелинейная радиочастотная идентификация в системах мониторинга **289**

Баранников А.И.
Обеспечение защиты информации в системах GPS/ГЛОНАСС **291**

Ермаков К.В.
Технологии RFID в автоматизированных производственных системах **295**

Зенин И.Ю.
Современные системы позиционирование подвижных объектов **298**

Легкий Н.М.
Радиочастотная идентификация в транспортных приложениях **303**

Рыбин М.А.
Обеспечение безопасности при передаче информации в RFID-системах **309**

Сабиров Т.Р., Кузнецова А. Ю.
Сокращение издержек при разработке излучателей АФАР путем автоматизации проектирования и внедрения в PLM системы **311**

Азизов А. Г., Богодаров А. Ю., Заикин Б. А., Калиниченко М. Е., Котов А. Ф., Попонов П. В.
Местоопределение источников узкополосных сигналов в двухпозиционной РЛС **317**

Валяев И.Н., Жуков А.О.
Математическая модель корреляционно-фазового радиопеленгатора **322**

Карачевцев А.М., Корощупов О.Н.
Актуальные проблемы и перспективы развития радиотехнической системы контроля космического пространства с астрорефрактометрическим обеспечением траекторных измерений повышенной точности **331**

Григоревский Н.В., Кармазина Ю.Т., Красный В.П., Красный Д.В.
Оценка двух угловых координат источников шумовых сигналов в плоских АФАР. **338**

Ксендзук А.В., Ксензук В.М.
Градиентная оптимизация области обзора бистатической РЛС **342**

Кутепов В.Е.
Адаптивная система селекции движущихся целей на основе метода авторегрессии **346**

Арсеньев Г. Н., Шалаби Н. К.
Повышение быстродействия систем фазовой автоподстройки методом компенсации медленно затухающих компонент переходной функции **351**

Орищук С. Г., Жуков А. О., Окунев Е. В.
Анализ статистических характеристик выходных энергетических и точностных параметров системы пространственной обработки сигналов в многопозиционных РЛС **361**

Жуков А. О., Гедзюн В. С., Гладышев А. И., Захаров А. И., Прохоров М. Е., Шахов Н. И.
Разработка широкоугольного радиометра радиационного баланса земли в широком спектральном диапазоне **373**

Тельный А.В.
О способе определения местоположения подвижного объекта при навигационных измерениях **378**

СЕКЦИЯ 4: РАДИОФИЗИКА И ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

Будагян И.Ф.
Физика волновых процессов в метаматериалах и их технические приложения **383**

Дубровин В.Ф.
Результаты исследования пространственной структуры волновых полей **388**

Будагян И.Ф., Костин М.С.
Фрейм-дискретизация сверхкороткоимпульсных сигналов **393**

Щучкин Г.Г.
Исследование взаимосвязей между характеристиками излучения и параметрами антенной решетки при работе с наносекундными импульсами **398**

Чебышев В.В., Ястребцова О.И.
Свойства микрополоскового вибратора в многослойной среде из метаматериалов **404**

Серов В.Н., Федотов М.С.
Синхронное детектирование сигналов активных резонансных пьезодатчиков **408**

Богачев Н.Н., Богданкевич И.Л., Андреев С.Е., Гончаров П.Ю.
Эволюция спектров сигнала плазменной несимметричной вибраторной антенны **412**

Кравченко Д.С., Черепанов А.К.
Диаграммы рассеяния плоских электромагнитных волн на непрозрачном прямоугольнике при Е – и Н – поляризациях падающей волны, для длин волн 3 и 10 см **417**

Сотсков А.И., Кузьмин В.И.
Математическая модель нелинейных процессов в тонкостенных упругих трубках при не больших деформациях **421**

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧЕРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ РАДИОТЕХНИКИ, ЭЛЕКТРОНИКИ И АВТОМАТИКИ»

МГТУ МИРЭА

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

Часть 2

II-ой Международной научно-практической конференции

«Актуальные проблемы и перспективы развития радиотехнических и инфокоммуникационных систем»

«РАДИОИНФОКОМ – 2015»

МОСКВА 2015

"Ничего важнее радио в технике за последние 100 лет не возникало."
Академик РАН Котельников В.А.

Руководство и весь коллектив Московского государственного технического университета радиотехники, электроники и автоматики (МГТУ МИРЭА) приветствует участников II 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 российской экономики - радиоэлектронной и телекоммуникационной отраслей, обеспечивающих функционирование всех жизненно важных элементов государственной инфраструктуры гражданского и оборонного назначения.

МГТУ 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.
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

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный технический университет радиотехники, электроники и автоматики» (МГТУ МИРЭА)

Московский научно-исследовательский институт радиосвязи

Институт радиотехники и электроники имени В. А. Котельникова РАН

ОАО «Головное системное конструкторское бюро Концерна ПВО «Алмаз-Антей» им. академика А.А. Расплетина»

ОАО «Концерн радиостроения «ВЕГА»

ОАО «Научно-производственный комплекс «Научно-исследовательский институт дальней радиосвязи»

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

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

Вильнюсский университет

Карлстадский университет

НТЦ «Космонит» ОАО «Российские космичекие системы»

ОАО «МАК «Вымпел»

ОАО «Оборонительные системы»

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

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

Часть 2

РАДИОИНФОКОМ – 2015

14-18 апреля 2015 года
Россия, г. Москва

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

С 23 В сборнике представлены материалы докладов Второй Международной научно-практической конференции "Актуальные проблемы и перспективы развития радиотехнических и инфокоммуникационных систем", отражающие результаты и направления теоретических и прикладных исследований в различных областях построения радиотехнических и телекоммуникационных систем.

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

Все материалы даются в авторской редакции.

Редакционная коллегия:

Куликов Г.В., Трубицын А.В., Битюков В.К., Нефедов В.И., Парамонов А.А., Замуруев С.Н., Котов А.Ф., Будагян И.Ф., Гусейн-Заде Н.Г., Сидорин В.В., Бородин А.М., Меньшиков В.А., Кочеткова Л.Н., Чернова Н.И., Самохин А.Б., Шестопалов Ю.В.

© Оргкомитет конференции

© МГТУ МИРЭА, 2015

ОРГКОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ

Сопредседатели:

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

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

Кудж Станислав Алексеевич — Ректор МГТУ МИРЭА, д.т.н.

Члены оргкомитета:

Верба В.С. — генеральный директор - генеральный конструктор ОАО "Концерн радиостроения "ВЕГА", д.т.н., профессор;

Куликов Г.В. — директор института РТС МГТУ МИРЭА, д.т.н., профессор;

Меньшиков В.А. — генеральный директор Международного комитета по реализации Проекта по созданию Международной Аэрокосмической системы Глобального Мониторинга, д.т.н., профессор;

Романов А.Б. — генеральный директор ОАО "Оборонительные системы", к.т.н.;

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

Сапрыкин С.Д. — генеральный конструктор ОАО НПК НИИДАР, к.т.н., профессор;

Слипченко Н.И. — проректор по научной работе Харьковского национального университета радиоэлектроники, д.т.н., профессор;

Ненартович Н.Э. — генеральный конструктор ОАО ГСКБ Концерна "Алмаз-Антей" им. академика А. А. Расплетина, к.т.н.;

Лобанов Б.С. – генеральный директор ФГУП «ЦНИРТИ им. акад. А. И. Берга», д.т.н., профессор

Соловьев И.В. — проректор по научной работе МГТУ МИРЭА, д.т.н., профессор;

Чернявский Г.М. — директор НТЦ Космонит ОАО "Российские космические системы", чл.-корр. РАН, д.т.н., профессор.

Нестеров А.В. - заместитель Генерального директора ОАО «МНИИРС».

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

Программный комитет:

Трубицын А.В. (председатель), Розанов В.С. (ученый секретарь);
Битюков В.К. , Нефедов В.И., Парамонов А.А., Замуруев С.Н., Котов А.Ф., Будагян И.Ф. , Гусейн-заде Н.Г. , Сидорин В.В. , Бородин А.М. , Чернова Н.И. , Кочеткова Л.Н. , Самохин А.Б. , Шестопалов Ю.В.

ПРИВЕТСТВЕННОЕ СЛОВО ОРГКОМИТЕТА КОНФЕРЕНЦИИ

Оргкомитет Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и перспективы развития радиотехнических и инфокоммуникационных систем» приветствует участников и гостей научного форума в стенах Московского государственного технического университета радиотехники, электроники и автоматики.

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.

МГТУ 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 придаём 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 её участникам реализовать задуманное.

Среди соорганизаторов конференции – наши зарубежные коллеги-университеты: Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Карлстадский университет (Карлстад, Швеция), Вильнюсский университет, академический партнер - Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН, Российское научно-техническое общество радиотехники, электроники и связи им. А.С. Попова, предприятия-партнеры МГТУ МИРЭА: НТЦ "Космонит" ОАО "Российские космические системы", ОАО "Головное системное конструкторское бюро Концерна ПВО "Алмаз-Антей" им. академика А.А. Расплетина", ФГУП «Центральный научно-исследовательский радиотехнический институт им. академика А.И. Берга», ОАО «Концерн радиостроения «ВЕГА», ОАО "Научно-производственный комплекс "Научно-исследовательский институт дальней радиосвязи", ОАО «Оборонительные системы», ОАО «МАК «Вымпел», ОАО «Московский научно-исследовательский институт радиосвязи».

Желаем участникам конференции плодотворного общения и новых научных результатов.

Оргкомитет

СЕКЦИЯ № 5. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ МЕТОДЫ В РАДИОФИЗИКЕ

УДК 621.396

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КАК ОСНОВА ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ, СОДЕРЖАЩИХ ТРЕНД И КОЛЕБАНИЯ

Гадзаов А.Ф., Кузьмин В.И., Самохин А.Б.
МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Результаты измерения характеристик сигналов часто представляют собой колебания относительно нелинейных трендов. Для детализации параметров периодических компонент сигналов требуется исключить трендовую компоненту, что позволяет в дальнейшем на основе анализа отклонения от нее получать оценки близких к периодическим характеристик сигналов. Это приводит к необходимости решения задачи о разделении медленных и быстрых характеристик сигналов.

Представлен алгоритм анализа исходного ряда, который состоит из следующих стадий: 1) исключения трендов, 2) определение значений почти-периодов, 3) проверки на принадлежность отклонений от тренда к классу почти-периодических функций и оценки грубости получаемых результатов.

Исключение тренда

Исключение тренда проводится преобразованием исходного ряда в новый ряд по формуле [1, 2]

$$\ln \frac{y_t \quad t \quad y_t \quad t}{y_t}$$

Данное соотношение позволяет исключить тренд без потери существенной информации о процессе или возникновения колебаний изначально не присутствующих в исследуемых эмпирических данных.

Значение для Δt определяется величиной, для которой отношение математического ожидания к максимальной амплитуде полученных в результате исключения тренда колебаний, близко к нулю.

2. Определение значений почти-периодов.

Для выявления периодов, свободных по возможности от априорных предположений, используем подход, который опирается, прежде всего, на

фундаментальное характеристическое свойство периода функции, состоящее в повторении значений функции через интервал изменения независимой переменной равный периоду

$$f(t \quad \tau) \quad f(t) \quad 0.$$

Необходимой общностью обладает способ выявления периодичностей с помощью оценки степени повторяемости поведения исследуемого временного ряда при различных временных сдвигах.

Как правило, в реальных данных приходится иметь дело с нелинейными колебаниями, в связи с чем чистые периоды встречаются достаточно редко. В результате, максимум, на что можно рассчитывать - это на выявление значений, наиболее близких к периодам. Такие значения называются почти–периодами.

В функциональном анализе[3] вводится следующее определение почти–периодической функции: число τ называется ε – почти–периодом (ε – смещением) функции $f(t)$ $(-\infty<t<\infty)$, если для всех t выполняется неравенство

$$\left| f(t \quad) \quad f(t) \right|$$

Если $f(t)$ – периодическая функция и τ – ее период, то есть $f(t+\tau) = f(t)$, то, очевидно, τ является также и почти–периодом для любого $\varepsilon>0$, точно так же, как и любое число вида $n\tau$ ($n = \pm1, \pm2,\ldots$).

Для дискретного случая, если n - общее число отсчетов функции $f(t)$, заданной экспериментальными значениями, вводится следующая метрика для определения почти периодов:

$$a(\quad) \quad \frac{1}{n} \left(\sum_{t \quad 1}^{n} \left| f(t \quad) \quad f(t) \right|^{p} \right)^{\frac{1}{p}}$$

Система почти - периодов τ функции $f(t)$ может быть определена как совокупность локальных минимумов сдвиговой функции

$$\arg\min \quad a(\quad) \quad ,$$

где τ_{min} и τ_{max} - естественные пределы поиска периода, выбираемые таким образом, что, с одной стороны, отбрасываются $\tau < \tau_{min}$, при которых функция a(τ) может принимать малые значения из-за инерционности функции $f(t)$, и, с другой стороны, отбрасываются $\tau > \tau_{max}$, при которых определение средней $a(\tau)$ становится ненадежным из-за малого числа членов суммирования в выражении .

Применение сдвиговых функций, основанных на метриках функционального анализа и теории почти-периодических функций, позволяет эффективно определять значения почти-периодов.

Фактически, в этом случае выявляются почти-периоды, представленные в исходных данных, свободные от априорных предположений о величине по-

чти-периода или виде функции (формы колебаний), соответствующей анализируемым данным.

3. Проверка на принадлежность отклонений от тренда к классу почти-периодических функций и оценка грубости получаемых результатов.

Основные свойства, которые могут быть использованы для оценки принадлежности ряда отклонений от тренда к классу почти-периодических функций и оценке грубости получаемых результатов следующие:

1) Если f(x) – равномерная п.-п. функция, то |f(x)| - так же равномерная п.-п. функция (это следует из неравенства $||f(x+\tau)-f(x)|| \leq |f(x+\tau)-f(x)|$;

2) Если производная f’(x) равномерной п.-п. функции непрерывна, то она также является равномерной п.-п. функцией;

3) Если неопределенный интеграл $F(x) \quad C \int_0^x f(x)dx$ равномерной п.-п. функции f(x) ограничен на всей числовой оси, то он так же является равномерной п.-п. функцией.

Фактически, через эти свойства реализуется непосредственная возможность оценки грубости значений почти-периодов, определенных на основе сдвиговых функций для результатов измерений в отклонениях относительно тренда.

Эффективность реализованных методов была проверена в [1,4-7].

В настоящее время методы функционального анализа эффективно используются при исследовании характеристик колебаний в математической физике[8,9]. Представленные результаты являются еще одним приложением функционального анализа для обработки нелинейных сигналов без навязывания им внешней фиксированной структуры.

Библиографический список

1. Кузьмин В.И., Тытик Д.Л., Гадзаов А.Ф., Абатуров М.А., Белащенко Д.К., Бусев С.А., Смолин А.В., Цетлин В.В. Дискретность и непрерывность в свойствах физико-химических систем. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2013, 190 стр., тираж 200 экз.

2. Кузьмин В.И., Гадзаов А.Ф. Прикладные задачи математической статистики. Учебное пособие. М.: МГТУ МИРЭА, 2011 г, 92 с., 5.35 печатных листов

3. Колмогоров А.Н., Фомин С.В. Элементы теории функций и функционального анализа. - М.: Наука, 1981.

4. Кузьмин В.И., Гадзаов А.Ф., Тытик Д.Л., Высоцкий В.В., Бусев С.А., Ревина А.А. Кинетика образования наночастиц как основа моделирования механизмов формирования колец Лизеганга. Коллоидный журнал,

2014, Т.76, №3

5. V.I. Kuzmin, A.F. Gadzaov, D.L. Tytik, V.V. Vysotskii, S.A. Busev, A.A. Revina. Formation Kinetics of Nanoparticles as the Basic for Simulating the Generation Mechanism of Lisegang Rings in Gels. ISSN 1061-933X, Colloid Journal, 2014,Vol.76, №4, pp 439-446.

6. Кузьмин В.И., Гадзаов А.Ф., Тытик Д.Л., Белащенко Д.К., Сириенко А.Н. Методы разделения быстрых и медленных движений атомов, как основа динамической структуры наночастиц. Российский нанотехнологии, т. 4, № 11-12, 2010, www.nanorf.ru, стр. 58-63.

7. Бокерия Л.А., Ключников И.В., Кузьмин В.И., Гадзаов А.Ф. Подход к анализу ритмов в кардиологии. Клиническая физиология кровообращения. М., 2008 г., №1. С. 5-10.

8. G. Vdovin, O. Soloviev, A. Samokhin, M. loktev. Correction of low order aberrations using continuous deformable mirrors. Optics Express, vol. 16, No. 5, 2008, pp. 2859-2866.

9. А.Б. Самохин, Н.В. Будко. Метод решения задач низкочастотного электромагнитного рассеяния на трехмерных диэлектрических структурах. Электромагнитные волны и электронные системы, т.13, № 8, 2008, с. 5-11.

10. A.B. Samokhin, A.N. Simonov, M.C. Rombach. Optical system invariant to second order aberrations. J. Optical Society of America, vol. 26, No. 4, 2009, pp. 977-984.

11. A.B. Samokhin. Iteration and discretization methods for solving the volume integral equations. IEEJ Transactions A (Fundamentals and Materials) 129, No. 10, 2009, pp. 669-674.

12. Y. Fukumoto, A.B. Samokhin. Singular electromagnetic modes in an anisotropic medium. Wave motion, Vol. 50, N. 3, 2013, pp. 481-493. ISSN 0165-2125, Impact factor 1.413.

13. A. Samokhin, Y. Shestopalov, and K. Kobayashi, Stationary iteration methods for solving 3D electromagnetic scattering problems, Applied Mathematics and Computation, Vol. 222, 2013, pp.107-122. ISSN 0096-3003, Impact factor 1.672.

14. А.Б. Самохин. «Объемные сингулярные интегральные уравнения для задач рассеяния на трехмерных диэлектрических структурах»// Дифференциальные уравнения, 2014, т. 50, №9, с.1215-1230. (входит в цитирование баз данных Web of Science и Scopus).

15. A.Samokhin, I. Ivashko, A. Yarovoy. «Algorithm for multiple targets localization and data association in distributed radar networks»// Proceedings of the 15th International Radar Symposium, 2014, 6 p. (входит в цитирование баз данных Web of Science и Scopus), ISBN 978 617-607 552-3. DOI 10 1109/IRS 2014 6869183.

УДК 519.667

ВЫРАЖЕНИЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ СИНУС ОТ КОСИНУСА ПРЕОБРАЗОВАНИЙ ФУРЬЕ ДЛЯ ЦЕЛЫХ ФУНКЦИЙ

Павлов А.В.
МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

В данной работе приводится точное выражение интегральных синус от косинуса преобразований Фурье от регулярных во всей комплексной плоскости функций (теорема 3). Все остальные результаты с одной стороны повторяют аналогичные результаты приведенные в работах автора данной статьи ([2,610]), с другой стороны отличаются от них прежде всего методами доказательбств, а также условиями выполнения приведенных теорем.

Отмети также, представляющее интерес для энергетических приложений, ранее не встречавшееся особое решение задачи Дирихле, вытекающее из второго пункта теоремы 1. Введем обоначения:

$$LS(x)(\cdot)(v) = \int_0^\infty e^{-vx} S(x)dx,\ v \in [0,\infty);$$

$$\int_0^\infty cosxv\, S(x)dx = CoS(x)(\cdot)(v),\ \int_0^\infty sinxv\, S(x)dx = SiS(x)(\cdot)(v),$$

$v \in [0,\infty)$.

$$\int_{-\infty}^\infty e^{\pm xv}\, S(x)dx = F_{\pm}S(x)(\cdot)(v), v \in [0,\infty).$$

$$g(p) = (1/i\pi) \int_{-\infty}^\infty [u(t)[1/(t-p)]dt,\ Im\, p \geq 0,$$

(последняя формула совпадает с интегралом Шварца [6,стр.209,равенство (6)). По определению,

$$Lu(x)(\cdot)(v) = (1/\pi) \int_0^\infty e^{-yt}dt \int_{-\infty}^\infty e^{-ist}u(s)ds, y \in [0,\infty).$$

Теорема 1 .

Если $C_+ \in D_u$,$Reu(x) = u(x)$,$x \in (-\infty,\infty)$,

$$\int_{-\infty}^\infty |u(x)|dx < \infty, \lim_{x \to x, Im\, x=0} u(x) = 0,$$

то

1.
для случая $u(x) = u(-x), x \in (-\infty,\infty)$, имеет место равенство

$$Lu(x)(\cdot)(y) = u(iy) = (1/\pi)\int_0^\infty [2u(t)[y/(t^2+y^2)]dt, y \in (0,+\infty$$

);

2.
для случая $u(x) = -u(-x), x \in (-\infty,\infty)$, имеет место равенство

$$Lu(x)(\cdot)(y) = u(iy) = -i(1/\pi)\int_0^\infty [u(t)[2t/(t^2+y^2)]dt, y \in (0,+\infty)$$

,

Доказательство.
Докажем сначала лемму 1. Лемма 1.
Если $C_+ \in D_u$,и

$$\int_{-\infty}^{\infty} |u(x)|dx < \infty, \lim_{x\to x, Im\, x=0} u(x) = 0$$

,

то

$$f(ip) = Lu(x)(\ )(p), Re\, p \geq 0,$$

.

причем

$$Lu(x)(\cdot)(p) = u(pi), Re p \geq 0.$$

Доказательство.
Из определения интеграла Шварца [6,стр.209,равенсиво (6)] следует :

$Reg(x) = \lim_{p\to x, Imp>0} Reg(p) = u(x), x \in (-\infty,\infty), p = x + iy.$

Единственная регулярная в верхней полуплоскости C_+ функция,действительная часть которой равна $u(x)$ на действительной оси, совпадает с $g(p) = u(p) + ic, c = const., Imp \geq 0$,[6,p.209]. В условиях леммы 1 $g(iy) = u(iy), y \in [0,\infty), c = 0, g(p) = u(p)$, и после изменения пределов интегрирования в определении интеграла Шварца ([5]) имеем:

$$g(iy) = (1/i\pi)\int_{-\infty}^{\infty} [u(t)[1/(t-iy)]dt = \int_{-\infty}^{\infty} [u(t)[1/(y+it)]dt = Lu(x)(\cdot)(y), y \in [0,\infty)$$

.

Следовательно ([6]), функции $u(ip) = g(ip) = Lu(x)(\cdot)(p)$ совпадают в области своей регулярности при $ip \in C_+$.

Лемма 1 доказана.

Для доказательства теоремы 1 рассмотрим сначала случай четной на действительной оси функции $u(x)$.

По лемме 1 $f(iy) = Lu(x)(\cdot)(y), y \in (0,+\infty)$, причем при $u(x) = u(-x), x \in (-\infty,\infty)$, имеет место

равенство

$$Lu(x)(\cdot)(y) = Re\,(1/\pi)\int_{-\infty}^{\infty} [u(t)[1/(y+it)]dt = (1/\pi)\int_0^\infty [2u(t)[y/(t^2+y^2)]dt, y \in (0,+\infty)$$

,

(мы изменили пределы интегрирования в определении $Lu(x)(\cdot)(y)$).

С учетом леммы 1 $Lu(x)(\cdot)(y) = u(yi), y \in (0,+\infty)$, и теорема 1 для четной фукции $u(x)$ доказана (мы использовали равенство $u(yi) = Reu(yi), y \in ([0,+\infty))$.

Пусть $u(x)$ нечетна.

В случае $u(-x) = -u(x)$ интеграл Шварца ([6]) равен

$$g(iy) = Lu(x)(\cdot)(y) = -i(1/\pi)\int_{-\infty}^{\infty}[u(t)[t/(t^2+y^2)]dt,\ y>0$$

.

Применяя доказанную часть теоремы 1 для четной функции $pu(p) = u_1(p)$, имеем

$$Lu(x)(\cdot)(y) = -i(1/y)(1/\pi) = u(x)\int_{-\infty}^{\infty}[u_1(t)y/(t^2+y^2)]dt = -i(1/y)u_1(iy) = u(iy), y \in (0,+\infty)$$

.

Следовательно, в области своей регулярности $Lu(x)(\cdot)(p) = u(ip), Rep > 0$, и по лемме 1 $g(ip) = u(ip), Rep \geq 0$.

Теорема 1 для случая нечетной функции доказана.

Заметим. что мы проверили, что в условиях теоремы 1 $u(ip)$ является аналитическим продолжением функции $Lu(x)(\cdot)(p)$ с правой части плоскости на левую ([6]). Теорема 2.

Повторным применением теоремы 1 с добавочным условием

$$\int_0^{\infty} u(x)dx < \infty$$

,

мы получаем формулу обращения преобразования Лапласа только по положительным действительным значениям :

$$u(y) = u(-y) = (1/\pi)\int_0^{\infty}[Lu(x)(\cdot)(t)[y/(t^2+y^2)]]dt, y \in (0,+\infty)$$

,

для четной функции $u(-p) = u(p), p \in C_+$; и

$$(-i)(1/\pi)\int_0^{\infty}[L(u(x))(\cdot)(t)/i][2t/(t^2+y^2)]dt = u(-y)/i, y \in (0,+\infty)$$

,

или

$$(1/\pi)\int_0^{\infty}[(1/\pi)[2LSi(u(x))(\cdot)(t)][2t/(t^2+y^2)]dt = -u(-y) = u(y), y \in (0,+\infty)$$

,

для нечетной функции $u(-p) = -u(p), p \in C_+$.

Доказательство.

Для доказательства первого равенства, которое следует из подстановки в первое утверждение теоремы 1 вместо функции $u(t)$ функции $u(it)$, достаточно проверить условие

$$\int_0^\infty |u(it)|dt < \infty$$

Данное условие следует из применения формулы интегрирования по частям в выражении

$$u(iy) = Lu(x)(\cdot)(y) = (1/\pi) \int_{-\infty}^{\infty} [1/(y+it)]d \int_0^t u(s)ds,$$

с учетом

$$\int_0^\infty u(t)dt < \infty \ ,$$

(мы получаем. что $|u(iy)| < const./y^2, y \to \infty$) .

Второе равнство для нечетного случая следует из применения второго пункта теоремы 1 к действительной ([6]) на всей действительной оси функции $u(it)/i$ с учетом $Lu(x)(\cdot)(t) = -2LSi(u(x))(\cdot)(t)i, t \in (-\infty,\infty)$; абсолютная сходимость интеграла от $u(it)$ проверяется аналогично предыдущему пункту.

Пользуясь тем, что значение мнимой части функции (по теореме 1) $Imu(i(is)) = ImLu(x)(\cdot)(is) = g_1(s)$ отличается от от самой регулярной во всей комплексной плоскости функции $u(i(is)) = u(-s)$ на значение регулярной во всей комплексной плоскости действительной части $ReLu(x)(\cdot)(is) = u(-s), s \in (-\infty,\infty)$, (последнее равенство очевидно вытекает из формулы обращения синус-косинус преобразований Фурье ([4])), получаем очевидную ([1-4]) лемму 3. Далее приводится формулировка данной леммы 3 в несколько более общих условиях (см.. например. очевидное аналогичное утверждение в работах ([1,2]) , по сравнению с теми которые нужны для доказательства предыдущего утверждения , а именно lkz непрерывности преобразования Лапласа на мнимой границе.

Лемма 3.

В условиях теоремы 1 функция $g_1(p)$:

$g_1(s) = ImLu(x)(\cdot)(is), s \in (-\infty,\infty)$,

регулярна во всей комплексной плоскости.

Теорема 3.

1. В условиях леммы 3

$$iu_0(i) = u(x), x \in (0,+\infty),$$

где

$$\int_0^\infty \cos tx \, Z(t)dt = u(x), \int_0^\infty \sin tx \, Z(t)dt = u_0(x), x \in (0,+\infty)$$

2.

$$\int_0^\infty \sin sx \, dx \int_0^\infty \cos tx \, u(t)dt = u_1(s), iu_1(is) = u(s), s \in (-\infty,\infty)$$

Доказательство.

Пусть, по определению

$$Z(x) = \int_0^\infty \cos tx\, u(t)dt, x \in [0, +\infty),$$

$$u_0(s) = \int_0^\infty \sin tx\, Z(x)dx = \int_0^\infty \sin sx\, dx \int_0^\infty \cos tx\, u(t)dt\,, x \in [0, +\infty)$$

.

Полузуясь

$$\int_0^\infty \cos tx\, u(t)dt = (1/x^2) \int_0^\infty \cos tx\, (d^2u(t)/dt^2)dt \le c_1/x^2,\ x \to = \infty,\ \sin\, 0x = 0$$

,

можно применить формулу обращения преобразования Фурье и равенство

$$Z(x) = \int_0^\infty \sin tx\, u_0(t)dt, x \in [0, +\infty)$$

,

имеет место.

По лемме 3 функции $u_0(p)$,$u(p)$ регулярны во всей комплексной плоскости, и $u_0(-x) = -u_0(x)$,$x \in (-\infty,\infty)$, (в лемме 3 $g_1(x) = u_0(x)$,$x \in (-\infty,\infty)$).

По теореме 1 для обеих функций

$$Lu(x)(\cdot)(y) = 2 \int_0^\infty e^{-sx}\, dx \int_0^\infty \cos txu(t)dt = u(is),\ u(-t) = u(t), t \in (-\infty, \infty)$$

$$2 \int_0^\infty e^{-sx}\, dx \int_{-\infty}^\infty \sin\, tx\, u_0(t)dt = i \int_0^\infty e^{-sx}\, dx \int_{-\infty}^\infty i\, sin(-tx)u_0(t)dt =$$

$$= i \int_0^\infty e^{-sx}\, dx \int_{-\infty}^\infty e^{-itx}u(t)dt = iu_0(is),, s \in (-\infty, \infty).$$

,

Пункт первый теоремы 3 доказан.

Пункт второй теоремы 3 является непосредственным следствием определений функций $u_0(p)$,$u(p)$,$Z(x)$.

Библиографический список

1. B.J.Davis. Integral transforms and their applications (3rd ed.). Berlin,New York : Springer Verlag. 2002.

ISBN 978-0-387-95314-4

2. A.V.Pavlov. The Fourier transform and new inversion formula of the Laplace transform.Moscow. Jour.Math.Notesv.90, 5, p. 793-796.

3. G.M.Fihtengoltz. The course of differential and integral calculus.(In

Russian). Moscow: Science.1969,v.II, -800 p.

4. M.A. Lavrentiev , B.V.Shabat . The methods of theory of functions of complex variable.(In Russian). Moscow: Science. 1987 . -688 p.

5. A.N.Kolmogorov ,C.V.Fomin . The elements of the functions theory and the functional analysis.(In Russian). Moscow : Science,1976.-544 p.

6. Pavlov A.V. The inversion formula of the conversation of Laplace by only the positive values of the realaxis. Moscow:PFUR ,2013 4-th Intern.Conf.,Func.Spaces,25-29 March,53-55 p.

7. Andrey Pavlov V. A new inversion formula for Laplace transforms and the notion of evenness. USA:Hor.Reser.pub.Univer.Jou.of appl.math.2014,v.2, 3, pp. 148 -152 .DOI: 10.13189/ujam.2014.020305.

8. Andrey Pavlov V. The new inversion of Laplace transform. USA: David pub. Jour.of math. and syst.scien.2014.4, pp. 197-201 .

9. Andrey Pavlov V.The Fourier ,Laplace transformations and the Newton potential.USA:Scien.and Educ.Publ.AmeAppl.Mathem.andStat.2014,v 2,6,398-401.(sciepub.com).

10. Pavlov A.V. Reliable prognosis of the functions in the form of transformations of Fourier or Laplace.Bulletinof MIREA(Mosk.Inst.ofRad.Elect.and Autom),2014, 3, num. 2 (June), p.78 - 85.

УДК 621.396

СВЕРХРАЗРЕШЕНИЕ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ИЗОБРАЖЕНИЯ ОБЪЕКТА ЦИФРОВЫМИ АНТЕННЫМИ РЕШЁТКАМИ

Лаговский Б.А.
МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Введение

В настоящее время актуальной является обратная задача восстановления изображения исследуемого объекта с угловой разрешающей способностью, превышающей критерий Рэлея [1,2]. Задача сводится к решению интегрального уравнению Фредгольма типа свёртки:

$$U(\ ) \quad f(\ \ )I(\ )d \qquad (1)$$

где - угловая область расположения источника, $I(\ )$ – искомое распределение амплитуды излучаемого источником (или отражённого) сигнала, равное 0 вне , $f(\ )$ – ДН системы измерения, $U(\ )$ – сигнал на выходе приёмника при сканировании.

Использование алгебраических методов [3-6] позволяет получать устойчивые решения со сверхразрешением. Эти методы основаны на представлении источника в виде разложения по системам ортогональных в заданной области функций g( ) с неизвестными коэффициентами b_j:

$$I(\ ) \sum_{j\ 1}^{M} b_j g_j(\ ),$$

Для повышения степени сверхразрешения необходимо повысить устойчивость получаемых решений [1, 4, 6]. Устойчивость обратных задач значительно возрастает при использовании априорной информации о решении. В частности, при задании области расположения источника на основании априорной или полученной в ходе анализа данных информации.

Покажем, что информация о границах области расположения источника может использоваться и по-другому. Пусть в секторе обзора находится объект с конечными угловыми размерами. Задача состоит в восстановлении распределения $I(\ )$:

$$U_n(\ ) \quad F(\ )J_n exp(\ ikdn\ ) \quad exp(\ ikdn\ )I(\ )d$$

где $F(\ )$ - ДН каждого излучателя, d – расстояние между соседними излучателями, J_n –ток на n – том излучателе, n = - M,- M+1 M.

1. Метод решения

Для упрощения выражений считаем амплитуды токов АР равными, область одномерной - [- 1, 2], в пределах ширины ДН 0.5 - sin , ДН излучателей в области константой. Тогда вместо (1) получим:

$$U(\ ) \sum_{n\ M}^{M} C_n \exp(\ ikdn\ ), C_n \quad \exp(ikdn\ )I(\ )d \qquad (2)$$

Обобщение полученных в дальнейшем выражений на общий случай принципиальных сложностей не вызывает. Увеличим область интегрирования до [- d, d]. В этой области все экспоненты под знаком интеграла в (2) ортогональны. Тогда значения интегралов представляют собой коэффициенты разложения функции $I(\ )$ в ряд Фурье на выбранном интервале. Выражение для $U(\ )$ также является суммой $2M$ + 1 членов ряда Фурье с коэффициентами C_n. Таким образом, с точностью до константы h, первые $2M$ + 1 членов разложения искомой функции $I(\ )$ в ряд Фурье на интервале [- d; d] - C_n - повторяют форму $U(\ )$.

$$I(\ ) \quad h \sum_{n\ M}^{M} C_n \exp(\ ikdn\ ) \quad (\ ) \sum_{M\ 1}^{M\ 1} b_n \exp(\ ikdn\ )$$

Остальные коэффициенты разложения функции $I(\ )$ в ряд Фурье - b_n- из (2) определить невозможно в силу ортогональности экспонент.

Набор коэффициентов C_n определяет угловое разрешение, соответствующее критерию Рэлея, а b_n, позволят его улучшить.

Для поиска приближённых значений коэффициентов b_n, $n=$ $(M + 1)$, $(M + 2)$ может быть использована априори заданная информация в виде

$$I(\ ) = 0, \quad [-\ d; -\ _1] \quad [\ _2;\ d\ ]. \tag{3}$$

Тогда в двусвязанной области (3) получим:

$$h \quad C_n \exp(\ ikdn\ ) \quad (\quad) b_n \exp(\ ikdn\ ) \tag{4}$$

n M M 1

Правая часть (4) представляет собой разложение в ряд Фурье функции, приведённой в левой части (4) в области (3), но без первых $2M + 1$ членов. Выбрав коэффициенты b_m, $m=$ $(M+1)$ Q,) получим систему линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) для их поиска. Например, на основе минимизации среднеквадратичного отклонения правой части от левой.

2. Результаты численных экспериментов

Количественные характеристики увеличения разрешения исследовались на математической модели. Рассматривалась ДН, образованная линейной ЦАР длиной 30 d/ с равномерным возбуждением.

На рис.1 приведены результаты восстановления.

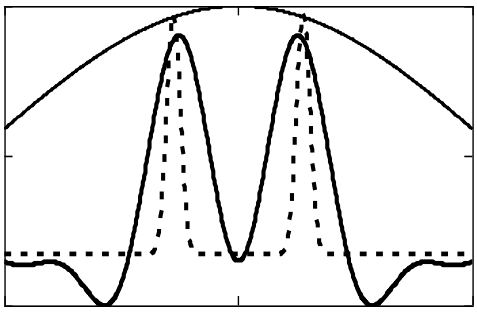


Рис. 1. Результаты восстановления источника. Штриховая кривая - источник I( ), верхняя сплошная кривая - U( ), нижняя сплошная кривая - восстановленный источник.

Итоговое решение позволило восстановить изображение источника с хорошим качеством: - решение устойчиво, - достигнутое угловое разрешение 0,3 $_{0,5}$, положение максимумов найдено практически без смещения, амплитуды ложных источников невелики. Без обработки сигнала эти источники разрешаются по Рэлею на расстоянии 1,4 $_{0,5}$, т.е. критерий Рэлея превышен почти в 5 раз.

Заключение

Из результатов исследований следует, что предлагаемый метод обработки сигнала ЦАР позволяет восстанавливать изображения объектов с

повышенным эффективным угловым разрешением. Использование предлагаемого алгоритма при проектировании новых систем позволяет упростить технические решения и снизить их стоимость.

Библиографический список

[1] Quinquis A., Radoi E., Totir F.-C. Some radar imagery results using superresolution techniques // IEEE Trans. Antennas and Propagation. 2004. Vol. 52. № 5. P. 1230-1244.

[2] 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.

[3] Лаговский Б.А., Самохин А.Б. Алгебраические методы восстановления изображения источников радиоизлучения с повышенным угловым разрешением // Электромагнитные волны и электронные системы. – 2009. № 9, Т.14. С. 7-18.

[4] Лаговский Б.А. Сверхразрешение на основе синтеза апертуры цифровыми антенными решетками. Антенны. 2013. № 6, - С. 9 -16.

[5] Лаговский Б.А. Восстановление изображения групповой цели цифровыми антенными решетками // Антенны. 2011. № 2(165). С. 40 -46.

[6] Lagovsky B.A., Samokhin A.B. Image Restoration of Two-dimensional Signal Sources with Superresolution. Progress In Electromagnetics Research Symposium Proceedings (PIERS), Stockholm, Sweden, 2013 Aug. 12-15, pp. 315-319.

УДК: 519.677

ТЕОРЕТИКО-ЧИСЛОВЫЕ АСПЕКТЫ ШИФРА ХИЛЛА ДЛЯ МАТРИЦ 32-ГО ПОРЯДКА

Антипин Н.А., Манеев Р.Ю., Федулов Ф.А.,
МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Введение

В настоящее время проблемам передачи и хранения информации уделяется огромное внимание. Непрерывно также возрастает актуальность задач защиты информации во всех сферах человеческой деятельности. В настоящей работе рассмотрены теоретические основы и вопросы применимости шифра Хилла для шифрования и дешифрования информации.

Проведено исследование скорости поблочной обработки текста с алфавитом из 256 символов матрицами 32-го порядка..

1. Теоретические основы шифра Хилла

Начнем с рассмотрения квадратных матриц порядка n. Пусть имеется матрица M порядка n с отличным от 0 определителем, тогда[1] она имеет обратную матрицу M^{-1} того же порядка. Причем, если $M=|a_{ik}|$; $M^{-1}=|b_{ik}|$, то[1] $b_{ik}=A_{ki}/\Delta$, где $A_{ki}=(-1)^{k+i}M_{ki}$, где A_{ki} – алгебраическое дополнение элемента a_{ki} матрицы M, а M_{ki} – минор элемента a_{ik} той же матрицы, а Δ является её определителем. Мы знаем[1], что $P=|p_{kj}|= M^{-1}*M =E$, где E единичная матрица. Рассмотрим элемент $p_{kj}=\sum_{i=1}^{n} b_{ki}*a_{ij}= \sum_{i=1}^{n} A_{ik} /\Delta *a_{ij} =\sum_{i=1}^{n} M_{ik}*(-1)^{i+k} /\Delta* a_{ij}$. Если k=j, то $p_{jj}=1$ и при k отличных от j $p_{kj}=0$. Зная[2], что операции сложения, вычитания и умножения в модулярной арифметике сохраняют свои основные свойства (ассоциативность, дистрибутивность…), легко заметить, что элементы p_{kj} сохранят свои значения и в кольце вычетов Z_m(тогда элементы матриц M и M^{-1} тоже должны ему принадлежать). Действительно, $p_{kj}= \Delta*\Delta^{-1} * 1/\Delta * \sum_{i=1}^{n} M_{ik}*(-1)^{i+k}* a_{ij} \bmod m=\Delta^{-1} * \sum_{i=1}^{n} M_{ik}*(-1)^{i+k}* a_{ij} \bmod m =\sum_{i=1}^{n} M_{ik}*(-1)^{i+k}* \Delta^{-1} *a_{ij} \bmod m$, где Δ^{-1}- есть элемент обратный Δ в кольце вычетов Z_m (этот элемент существует, если наибольший общий делитель Δ и m равен 1[3]). Аналогично $P^{*}= M*M^{-1} =E$ и $p^{*}_{kj}=\sum_{i=1}^{n} M_{ji}*(-1)^{i+j} /\Delta* a_{ki}$, причем элементы p^{*}_{kj} также сохраняют свои значения в кольце вычетов Z_m при замене деления на Δ умножением на Δ^{-1}. Затем рассмотрим произведение произвольного вектора d с элементами из кольца вычетов Z_m на матрицы P и P^{*}:

$P*d \bmod m$ и $P^{*} * d \bmod m$.

l-й элемент первого произведения определяется из формулы $\sum_{i=1}^{n} p_{li}*d_i \bmod m=\sum_{i=1}^{n} d_i \sum_{t=1}^{n} M_{tl}*(-1)^{t+l}* \Delta^{-1} *a_{ti} \bmod m$, то есть получаем просто *l*-й элемент вектора d или при рассмотрении всего произведения вектор d . Совершенно аналогично для второго произведения получаем просто вектор d. На этом и заканчивается теоретическое обоснование.

2. Описание числовых аспектов шифра Хилла

Элементы матрицы C порядка n состоят из чисел от 0 до m-1, при этом одинаковые числа не запрещены. Произведение матриц в шифре Хилла несколько отличается от обычного: вместо элементов традиционного произведения берутся их остатки от деления на m. Матрица C в шифре Хилла должна быть обратима. В данном случае обратимость матрицы проверяется по определенному, а не традиционному умножению. Пусть D-обратная матрица, тогда CD и DC должны быть единичными, но используется новый вариант умножения. Приведем пример: пусть m=5, C-

следующая матрица:

C= $\begin{bmatrix} 2 & 3 \\ 0 & 4 \end{bmatrix}$, тогда обратная для C:

D=$\begin{bmatrix} 3 & 4 \\ 0 & 4 \end{bmatrix}$.

Получаем следующее:

CD=$\begin{bmatrix} 6 & 20 \\ 0 & 16 \end{bmatrix}$, DC=$\begin{bmatrix} 6 & 25 \\ 0 & 16 \end{bmatrix}$.

Итак, обе полученные матрицы не являются единичными. Но, вспоминая, что у нас другое умножение, вместо имеющихся элементов нужны остатки от деления m=5, получим, что данные матрицы единичные. Также необходимо, чтобы определитель матрицы Δ и количество символов m не имели общих делителей.

Шифр Хилла (криптосистема Хилла) работает по следующему алгоритму:

1) Открытый текст разбивается на блоки размером n. Если длина текста не кратна n, в хвост текста добавляются недостающие символы заполнения (например, пробелы или случайно сгенерированные символы).

2) Каждый блок представляется в виде вектора v. Если i-ый символ блока имеет номер k в алфавите, то v(i)=k. Например, если алфавит - A,B,C,...,Z, A=0, B=1,...,Z=25 то DB=(3,1). Далее ищется произведения CV так, как было описано выше (по модулю m). В результате получается вектор w. По вектору w восстанавливаем блок шифрованного текста: если w(i)=k, то i-м символом блока шифрованного текста является символ, имеющий номер k в алфавите.

3) Блоки шифрованного текста сцепляются в единый текст.

Если термины открытый текст и шифрованный поменять местами, а вместо матрицы C применить D, будет выполнено дешифрование (также возможны системы, где в качестве шифрующей, например используется матрица построенная из произведения p матриц C, тогда в качестве дешифрующей необходимо брать матрицу, полученную произведением p матриц D).

Пример. Покажем, как действует шифр Хилла, на несложном примере. Алфавит английский, A=0,B=1,...,Z=25 (m=26). Длина блока n=3, матрицы:

C (для шифрования) = $\begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 6 & 3 \\ 0 & 5 & 0 \end{bmatrix}$;

D (для дешифрования) = $\begin{bmatrix} 1 & 17 & 0 \\ 0 & 0 & 21 \\ 0 & 9 & 10 \end{bmatrix}$;

Зашифруем слово MRHILL. В данном случае открытый текст имеет 2 блока: MRH, ILL. Блоку MRH соответствует вектор v=(12,17,7); C*v=(53 mod26, 123 mod26, 85 mod26)=(1, 19,7)=BTH. Блок

ILL: v=(8,11,11), Cv=(41 mod 26, 99 mod 26, 55 mod 26)=(15,21,3)=>TUH. Т. о. вместо MRHILL получим BTHTUH. Дешифрование: w=(1,19,7), тогда Dw=(324 mod 26, 147 mod 26, 241 mod 26)=(12,17,7)=>MRH.w=(15,21,3), тогда Dw=(372 mod 26, 63 mod 26, 219 mod 26)=(8,11,11)=ILL. Нетрудно заметить, что шифр Хилла применяется для шифрования полиграмм. Если сравнить с классическими шифрами, это явный шаг вперед, ибо предшественники в основном оперировали одиночными символами или биграммами. Если текст делить на блоки по 1-2 символа, шифр, который это делает, оказывается уязвимым к атакам, основанным на использовании частоты встречаемости символов и биграмм. То есть для наиболее известных языков уже посчитано, насколько часто встречается тот или иной символ (биграмма) в текстах, где этот язык используется. Так, статистически в русскоязычных текстах 17,5% символов составляют пробелы, ещё 9% - буква О. Соответственно весьма полезно прятать статистику вхождения символов в открытый текст. Не следует забывать о стремлении частоты к вероятности - это правило дает о себе знать в случае длинных открытых текстов. Ясно, что чем больше размер блока, тем сложнее вскрыть криптосистему Хилла. Важным моментом является выбор шифрующей матрицы С. Желательно, чтобы она состояла из маленьких чисел (из 0 и 1) для увеличения скорости шифрования, а её определитель был достаточно большим простым числом (компьютером была найдена такая матрица 32-го порядка, состоящая из 0 и 1, определитель которой по порядку равен 10^8), так как для существования его обратной величины, а следовательно и обратной матрицы в кольце вычетов Z_m необходимо, чтобы НОД (Δ, m)=1. Также характерной особенностью криптоалгоритма Хилла для матриц высокого порядка (n>=32), имеющих обратные в кольце вычетов Z_m (m порядка 10) является его асимметричность, так для матрицы D (из 0 и 1 , с определителем равным простому числу порядка 10^8), матрица С будет состоять из чисел кольца Z_m определитель которой в среднем будет превосходить 10^{32}, для m порядка 100 - 10^{64}, для m порядка 1000 – 10^{128}. И вычисление его точного значения, а, следовательно, обратной матрицы оказывается трудной задачей. Вместе с этим шифрование – дешифрование происходит достаточно быстро. Так, например, матрицы 32-го порядка в алфавите из 256 символов: за 93-94 мс - записываются в два файла по 4000 символов(шифрованных и дешифрованных), если запись в файлы не производить, то за 15-16 мс обрабатывается 24000 символов, то есть приблизительно 20 микросекунд затрачивается на шифрацию-дешифрацию одного блока из 32 символов(эти операции проводились в среде C++ Visual Studio 2010 на компьютере с CPU AMD Dual Core A4-5100 1.55GHz).

3. Заключение

Ранние формы шифра Хилла (для матриц 6-го порядка) были легко взламываемыми и не представляют практического интереса. Шифр, представленный в данной статье, представляет его модифицированную форму и, по мнению авторов статьи, является стойким в сравнении с существующими зарубежными шифрами. Конечно, важной проблемой для данного алгоритма является поиск матриц более высокого порядка (64-го), удовлетворяющих указанным выше условиям, так как это многократно повысит стойкость данного шифра.

Библиографический список:

1. Я. С. Бугров, С.М. Никольский. Элементы линейной алгебры и аналитической геометрии.-3-е изд., испр. и доп. –М.: Наука, 2013.- 222 с.:ил.

2. И. М. Виноградов. Основы теории чисел. – М.:Наука, 1990.

3. М. М. Глухов Алгебра: учебник. В 2 т. – М.: Гелиос-АРВ, 2003. Т.1.– 336с.

УДК 621.396

ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОКОЛЕБАНИЙ В НЕЛИНЕЙНОМ АКТИВНОМ ФИЛЬТРЕ

Лукашик К.С., Решетняк С.А., Третьяков Г.Н.,
МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

В настоящее время процессы взаимодействия сигнала и шума в нелинейных фильтрах первого порядка исследованы более детально по сравнению с фильтрами второго порядка [1-3]. В отсутствии внешних воздействий на нелинейный активный фильтр второго порядка указанные процессы могут по-разному протекать в зависимости от его начального состояния. Дело в том, что в начальный момент времени фильтр может находиться либо в состоянии покоя, либо в состоянии развитой генерации автоколебаний. Данная работа посвящена исследованию условий возникновения автоколебаний, определению их периода и спектра в фильтре, схема которого представлена на рис.1.

Нелинейный элемент содержит два одинаковых туннельных диода (ТД) с постоянными источниками напряжения смещения Е.

В случае замкнутых входных полюсов фильтра воздействие на него от-

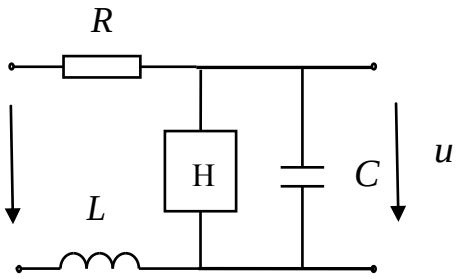
сутствует и согласно [3] напряжение u на ёмкости подчиняется уравнению

$$LC\frac{d^2u}{dt^2} \quad [RC \quad L\frac{dI}{du}]\frac{du}{dt} \quad RI(u) \quad u \quad 0\,, \qquad (1)$$

где $I(u) \quad i_d(E \quad u) \quad i_d(E \quad u)$ - ток через нелинейный элемент, $i_d(u)$- ампер-вольтная характеристика N-типа отдельного туннельного диода. Так как $I(\quad u) \quad I(u)$, то ряд по степеням переменной u тока $I(u)$ содержит только члены с нечётными степенями u. В [4] было установлено, что в рабочей области изменения тока $I(u)$можно ограничиться рассмотрением только первых двух членов ряда. При выборе напряжения смещения E в области отрицательных сопротивлений туннельного диода первый член данного ряда становится отрицательной величиной и поэтому

$$I(u) \quad Au \quad Bu^3\,,$$

где $A \quad 2\left|\frac{di_d}{du}\right|_{u \quad E}\,, B \quad \frac{1}{6}\frac{d^3I}{du^3}\Big|_{u \quad 0}$.



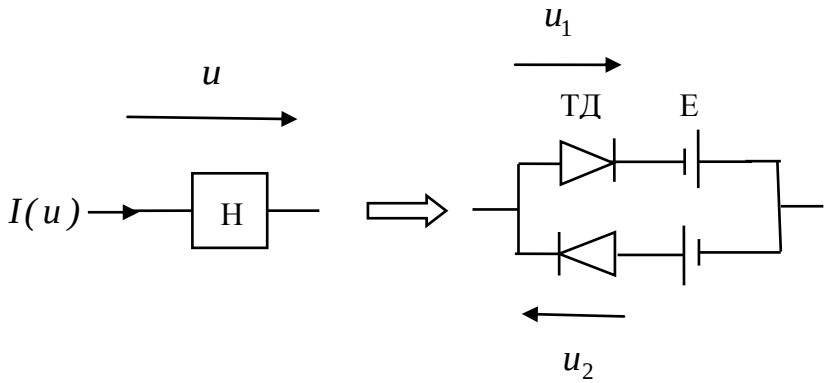


Рис. 1

После введения масштабных значений напряжения $u_M \quad 1/\sqrt{RB}$ и времени $t_M \quad RC$ уравнение (1) в безразмерной форме принимает вид

$$\frac{d^2x}{dt^2} \quad (x)\frac{dx}{dt} \quad W(x) \quad 0 \ , \qquad (2)$$

$$\frac{L}{R^2C} \ , \quad (x) \quad 1 \quad (\quad AR \quad 3x^2) \ , \ W(x) \quad \frac{dW}{du} \quad (1 \quad AR)x \quad x^3 \ .$$

Данное уравнение описывает также свободные нелинейные колебания частицы с массой , нелинейным коэффициентом трения (x) в потенциальном поле $W(x)$. Для решения (2) его следует дополнить начальными условиями на координату x и скорость dx/dt. Рассмотрим начальную стадию развития генерации с ненулевыми начальными условиями, которые определяются мощностью теплового шума. Для малых значений x из уравнения (2) имеем

$$\frac{d^2x}{dt^2} \quad (1 \quad AR)\frac{dx}{dt} \quad (1 \quad AR)x \quad 0 \ .$$

Из определения корней соответствующего характеристического уравнения следует, что любое малое начальное значение x со временем нарастает, если коэффициент трения принимает отрицательные значения или

$$AR \quad 1 \ , \quad L \quad RC/A \ . \qquad (3)$$

Отсюда следует, что для возникновения автоколебаний в фильтре необходимо выбирать величину индуктивности выше порогового значения RC/A. Если неравенство (3) не выполняется, то начальное состояние фильтра соответствует практически нулевым начальным значениям x и скорости v, т.е. покою.

Принимая во внимание тесную аналогию процессов в фильтре с движением частицы, мы будем $W(x)$ называть потенциальной функцией. Для рассматриваемого фильтра потенциал имеет вид:

$$W(x) \quad (1 \quad AR)\frac{x^2}{2} \quad \frac{x^4}{4} \ .$$

В зависимости от величины сопротивления нагрузки R вид $W(x)$ может быть разным. При $R \quad A^{-1}$ она имеет один минимум в точке $x \quad 0$, т.е. является моностабильной. При $R \quad A^{-1}$ она имеет критический вид $W(x) \quad x^4/4$. Для значений $R \quad A^{-1}$ потенциальная функция имеет два минимумами или два устойчивых положения равновесия в точках $x \quad \sqrt{AR \quad 1}$, поэтому её часто называют бистабильной. Устойчивые положения равновесия разделены потенциальным барьером, высота которого $W_0 \quad (AR \quad 1)^2/4$.

Поскольку аналитические методы получения решения уравнения (2) развиты недостаточно, то ниже мы остановимся на развитии численных методов его анализа. Прежде всего, отметим, что эти методы должны быть

пригодными не только при воздействии на фильтр детерминированных сигналов, но и шума. В данном случае наиболее адекватным методом анализа является метод Эйлера-Коши, который ранее успешно применялся [5] для исследования взаимодействия сигнала и шума в нелинейном фильтре первого порядка.

Уравнение (2) представляем в виде системы двух уравнений первого порядка

$$\frac{dx}{dt} \quad v\,, \quad \frac{dv}{dt} \quad \frac{1}{} \quad (x)v \quad W(x)\,. \tag{4}$$

После выбора шага по времени t, который должен быть существенно меньше периода автоколебаний, значения выходного процесса в точках отсчётов времени t_n удовлетворяют следующим рекуррентным соотношениям

$$\begin{aligned} x_{n\ 1} \quad x_n \quad & \int_{t_n}^{t_{n\ 1}} v(t)dt\ , \\ v_{n\ 1} \quad v_n \quad & (AR \quad \frac{1}{})(x_{n\ 1} \quad x_n) \quad x_{n\ 1}^3 \quad x_n^3 \quad \frac{1}{} \int_{t_n}^{t_{n\ 1}} W(x)dt\ , \end{aligned} \tag{5}$$

где $x_n \quad x(t_n)\,, v_n \quad v(t_n)\,.$

Заметим, что формулы (5) являются точными. Оценка в них интегралов по методу трапеций приводит к приближенным рекуррентным соотношениям:

$$\begin{aligned} x_{n\ 1} \quad & x_n \quad \frac{t}{2}(v_{n\ 1} \quad v_n), \\ v_{n\ 1} \quad v_n \quad & (AR \quad \frac{1}{})(x_{n\ 1} \quad x_n) \quad x_{n\ 1}^3 \quad x_n^3 \quad \frac{t}{2} W(x_{n\ 1}) \quad W(x_n)\,. \end{aligned} \tag{6}$$

С уменьшением шага t точность расчётов повышается.

Формулы (6) дают основу построения итерационных схем решения системы (4). Наибольший интерес вызывают схемы, которые обладают высокой скоростью сходимости к точному решению, т.е. решения, полученные на первом и втором шагах итераций, практически совпадают между собой. Одна из таких схем нами была найдена. При этом решение в нулевом приближении находится путём замены первого уравнения (6) на $x_{n\ 1} \quad x_n \quad tv_n$ и после задания начальных условий x_0 и v_0 выходной процесс полностью определяется.

Ниже приведены результаты численного анализа уравнения (2) для потенциала критического вида с выбранным шагом $t \quad 0.05$ и числом $N \quad 2^{15}$ точек отсчётов по времени. На рис.2 дан фазовый портрет развития

автоколебаний для начальных условий x_0 0 и v_o 0.01 и параметра 2. На вертикальной оси отложены значения скорости v, на горизонтальной оси – значения координаты x.

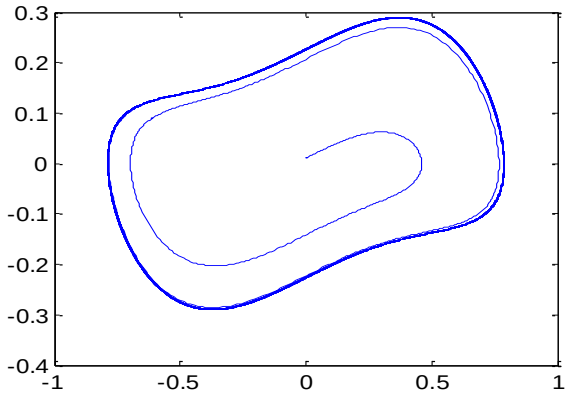


Рис.2

Видно, что с течением времени траектория движения приближается к предельному циклу, соответствующему развитым автоколебаниям в фильтре.

На рис.3 представлены кривые предельных циклов с параметрами 4 и 10 (соответственно сплошная линия и линия, обозначенная точками). Предельные циклы в научной литературе также называют "аттракторами’’, так как любые решения вне предельного цикла с течением времени сливаются с ним.

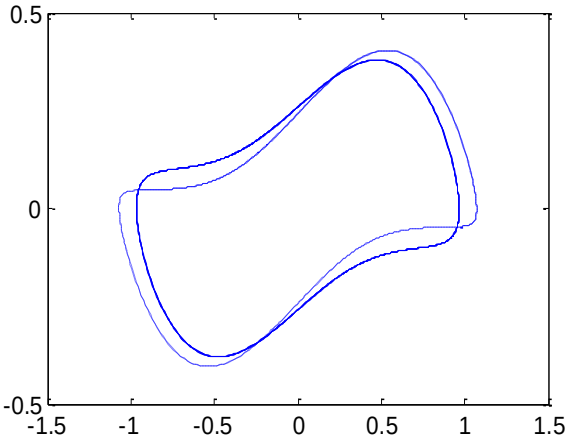


Рис.3

Каждому предельному циклу соответствуют периодические колебания, которые устанавливаются в исследуемом активном фильтре. Процесс установления этих колебаний для указанных выше начальных значений и 2 показан на рис.4.

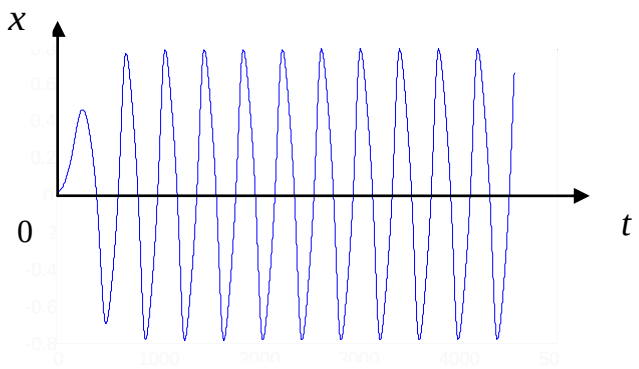


Рис.4

Как следует из рис.4, длительность переходного процесса является небольшой и составляет всего несколько периодов автоколебаний.

И, наконец, приведём спектр установившихся колебаний для предельного цикла с . При этом анализируем процесс на второй половине интервала времени рассмотрения . Его спектр изображен на рис.5 и, как легко видеть, он содержит главную гармонику с частотой автоколебаний и несколько боковых гармоник. На вертикальной оси отложены мощности гармоник процесса автоколебаний, а на горизонтальной оси – номера этих гармоник. Разность между соседними частотами в спектре . Частоту автоколебаний можно вычислить по формуле , где - номер главной гармоники в спектре. Как показал анализ, с ростом сопротивления нагрузки частота автоколебаний падает и обращается в нуль при нарушении неравенства (3).

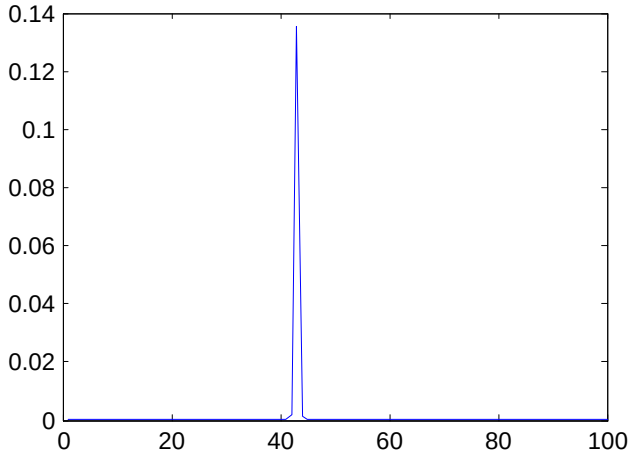


Рис.5

Данная схема итераций применима также в анализе релаксационных автоколебаний. В этом случае плавные изменения во времени выходного процесса разделены между собой резкими или скачкообразными измене-

ниями его по величине. Например, развитие колебаний в генераторе Ван-дер-Поля описывается уравнением

$$\frac{d^2x}{dt^2} \quad (1 \quad x^2)\frac{dx}{dt} \quad x \quad 0 .$$

Применяя развитую схему итераций к данному уравнению с выбранными параметрами 10, t 0.001 и N 10^5, результаты вычислений x в зависимости от числа точек отсчётов времени представлены на рис.6.

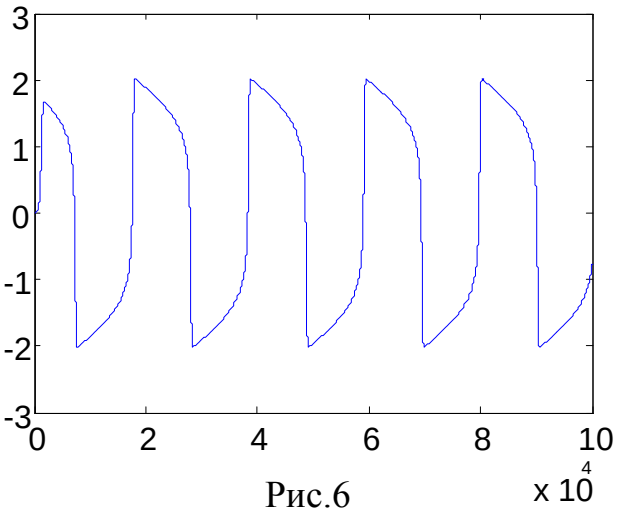


Рис.6

Таким образом развитый метод Эйлера-Коши даёт основу для исследования процессов взаимодействия сигнала и шума в нелинейных фильтрах второго порядка.

Библиографический список

1. Hanggi P., Inchiosa M.E., Fogliatti D., Bulsara A.R. Nonlinear stochastic resonance: The saga of anomalous output-input gain. Phys. Rev. E., 2000, v.62, №5, p.6155-6163.

2. Решетняк С.А., Третьяков Г.Н. Теоретическое исследование эффекта стохастической фильтрации. Радиотехника и электроника, 2013, т. 58, №4, с, 360-366.

3. Домбровский А.Н., Решетняк С.А. Стохастический резонанс и фильтрация сигналов в нелинейной электрической системе второго порядка. Радиотехника, 2007, №9, с. 19-25.

4. Домбровский А.Н., Решетняк С.А. О стохастической фильтрации сигналов в нелинейных электрических системах. Радиотехника и электроника, 2009, т.54, №11, с. 1369-1371.

5. Абоелазм М.А., Мельчаков В.Н., Решетняк С.А., Третьяков Г.Н. Исследование цифровой модели нелинейного активного фильтра первого порядка. Цифровая обработка сигналов, 2014, №4, с. 23-27.

УДК 621.396

Forward and inverse scattering of electromagnetic waves by dielectric bodies in waveguides

Shestopalov Y.V.[1], Smirnov Y.G.[2]
[1] Moscow State University of Information Technologies, Radio Engineering and Electronics (MIREA), Moscow, Russia
[2] Penza State University, Penza, Russia

1 Introduction

Reconstruction of electric and magnetic parameters of dielectric materials and bodies of complicated structure and geometry is an urgent task finding numerous applications [1, 2]. These parameters cannot be measured experimentally, therefore mathematical and numerical modeling must be applied [1—3]. Novel advanced methods of reconstructing the shape of a body in a waveguide or its permittivity developed recently in [4—15] make use of linear and nonlinear volume singular integral equations (VSIEs) [4, 5, 11—13], operator methods and contraction. The uniqueness of reconstructing the permittivity of several types of dielec-tric inclusions have been proved in [6—8, 11—15] when scattering data consist of several el-ements of the scattering matrix. In this paper, we consider some VSIE-based methods [4, 5, 9—13] of finding permittivity of inhomogeneous dielectric bodies placed in a rectangular waveguide with perfectly conducting walls. We present statement and review proofs of uniqueness and solution techniques for forward and inverse problems of the electromagnetic wave scattering from a dielectric inclusion in a 3D waveguide. The inverse problem is solved by the method of iterations applied to VSIE; the convergence of the method is proved. Deter-mination of permittivity of an inhomogeneous dielectric body in a rectangular waveguide is considered, a method of iterations for the numerical solution is proposed, and convergence of the method is proved. The cases [12—15] when the inclusion is an insert (a diaphragm) formed by several parallel-plane sections with constant permittivity in a single-mode wave-guide of rectangular cross section are also investigated.

2 Statements

Assume that a waveguide $P \quad x:0 \quad x_1 \quad a,0 \quad x_2 \quad b, \qquad x_3$ with the perfectly conducting boundary surface P is given in the Cartesian coordinate system (Fig. 1). A three-dimensional body Q with a constant magnetic permeability $_0$

and variable permittivity x is placed in the waveguide. Function x is bounded in $\bar{Q}$, L Q, and ^{1} L Q. The boundary Q of domain Q is piecewise smooth. The case of variable permeability (when the permittivity is a constant equal to $_0$) is considered in a similar manner by performing an appropriate replacement of notations. The electromagnetic field $\mathbf{E},\mathbf{H}$ $L_{2,loc}$ P in the waveguide is excited by an external field with the time dependence $e^{i t}$; the source of the external field is the electric current $\mathbf{j}^0$ $L_{2,loc}$ P. In the domain P R^3 the standard differential operators grad, div, rot are understood in the sense of distributions.

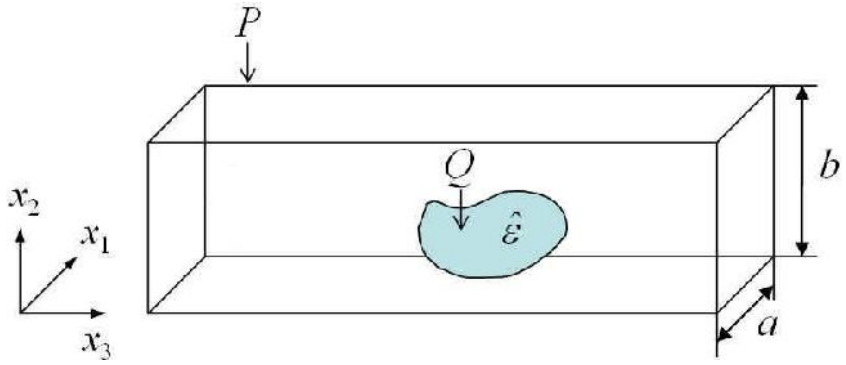


Figure 1. Geometry of the problem

Choose the waveguide parameters so that $/a$ k_0 $/b$, where k_0 is the free-space wave number, k_0^2 ^{2} $_0$ $_0$, and is the circular frequency. In this case, only one mode propagates in the waveguide (namely, the principal $\mathbf{H}_{10}$ mode), and all other modes are evanescent (decaying). Let $\mathbf{E}^0$ x $\mathbf{e}_2 A$ i $_0 \frac{}{a} \sin \frac{x_1}{a} e^{i\ _1^2 x_3}$, $\mathbf{H}^0$ i $_0^1 \mathrm{rot}\,\mathbf{E}^0$ be the given incident field (a waveguide mode), where A is the known amplitude of the incident wave, $_1^2$ $\sqrt{k_0^2 \frac{^2}{a^2}}$, and $\mathbf{e}_2$ is the second Cartesian ort-vector. Following [6-8], we look for weak (generalized) solutions to Maxwell's system of equations with standard boundary conditions for the tangential field components on the waveguide walls and interface and partial radiation conditions at infinity. The inverse problem is to determine x from the given reflection and transmission coefficients (measured at one or several frequencies of the incident field). The simplest case here is when inclusion Q is an isotropic dielectric body and (effective) permittivity x of the medium filling the body is an unknown constant to be determined. When the inclusion is situated in a guide that supports only *one* principal guided mode, we prove [8, 12, 13] that the data in the inverse problem that provide uniqueness of reconstructing effective permittivity can be taken as two (known) complex numbers, the transmission and reflection coefficients, measured at one frequency.

3 VSIE method

In [4, 5, 8, 11—13], it is shown that the considered inverse problem can be reduced to the solution of a VSIE

$$\frac{x}{0}\,1\;\mathbf{J}\;x\;\mathbf{E}^{0}\;x\;k_0^2\;G_E\;x,y\;\mathbf{J}\;y\;dy\;\;\operatorname{grad}\operatorname{div}\;G_E\;x,y\;\mathbf{J}\;y\;dy,\;x\;Q. \qquad (1)$$

where the current $\mathbf{J}\;x\;\;\frac{x}{0}\,1\;\mathbf{E}\;x$, and $G_E\left(x,y\right)$ is the diagonal Green tensor [4, 5, 8, 10]. In [8, 12] we show that a relation between the transmission coefficient and permittivity can be written, using (1) and an asymptotic expression for the scattered field that follows from condition at infinity, in the form

$$Q_1\;\;A\;\;\frac{k_0^2}{b\;10i\;0}\;\sin\frac{y_1}{a}\,e^{i\;2\;y_3}\;\;\frac{y}{0}\,1\;\mathbf{E}\;y\;\mathbf{e}_2 dy, \qquad (2)$$

where $_{10}\;\sqrt{\frac{2}{a^2}\;k_0^2}$. Coefficient Q_1 is assumed to be the known measured quantity. It is necessary to determine permittivity $x\,,x\;\;Q$ using generally a series of measurements. When the inclusion is a homogeneous body and its permittivity is a constant to be determined, it is sufficient to perform the measurement at *one* frequency. Finally, the constant permittivity can be efficiently calculated using fixed-point iterations [8, 12, 13] applied to a nonlinear operator equation (2). When an inhomogeneous obstacle is considered we assume [8, 12, 13] that the permittivity is a piecewise constant function of coordinates. In this case the number of measurements must be finite [12, 13] in order to uniquely determine all unknown permittivity values. In more detail: assume that body (domain) Q consists of N subdomains Q_j such that $Q\;\;_j\;Q_j$ and $Q_i\;\;Q_j\;\;,i\;\;j$. Moreover, $x\;\;^j$ for $x\;\;Q_j$; that is, the permittivity is constant in every subdomain. Then the total number of unknown parameters will be N. The measurements are performed at several frequencies $^1,\;^2,...,\;^N$.

If the inclusion consists of several parallelepipeds adjacent to the walls of a single-mode waveguide of rectangular cross section each having constant permittivity, the transmission coefficient T can be determined explicitly [13—15] and turns out to be a certain meromorphic function $T\;\;T\;z$ of complex variable z taken as the normalized longitudinal wavenumber of each waveguide section with no real poles. We prove [13, 14] that there is one-to-one correspondence between the sets of permittivitties and transmittivities on certain domains which confirms the uniqueness of reconstructing the permittivity. The inverse problems

reduces to the inversion of function T_z, which can be done explicitly [14] in the case of a one-sectional diaphragm.

Generally the full computational scheme of the so-called two-layer iteration method [12, 13] should be applied for numerical solution to the inverse problem of reconstructing the permittivity. Convergence of the method proved in [12, 13] justifies application of this approach for determination of ε_x. The results of calculations demonstrate high accuracy (of about 0.4%) of the determination of the sample permittivity. In addition, it can be shown that the method converges fast when the initial approximation differs substantially from the exact value.

The VSIE-based method set forth in this paper can be also applied to numerical solution of the inverse problem of reconstructing permittivity of an inclusion of rather complicated shape.

References

1. Solymar L., Shamonina E., Waves in Metamaterials// Oxford: Oxford University Press, 2009.

2. Brovko A., Murphy E., and V. Yakovlev, ‘‘Waveguide microwave imaging: neural network reconstruction of functional two-dimensional permittivity profiles,’’ IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol. 57, pp. 406-414, 2009.

3. Shestopalov Y., Smirnov Y., Yakovlev V., Development of mathematical methods for reconstructing complex permittivity of a Scatterer in a Waveguide// Proc. 5th International Workshop on Electromagnetic Wave Scattering, October 22-25, 2008, Antalya, Turkey, pp. 113-116.

4. Smirnov Y., Application of GRID technologies to the solution of a nonlinear volume singular integral equation for the determination of effective permittivity of nanomaterials// Izv. Vyssh. Uchebn. Zav. Povolzhsk. Region, vol. 3, pp. 2–10, 2008.

5. Kobayashi K., Shestopalov Y., Smirnov Y., Investigation of Electromagnetic Diffraction by a Dielectric Body in a Waveguide Using the Method of Volume Singular Integral Equation// SIAM J. Appl. Maths., vol. 70, pp. 969–983, 2009.

6. Smirnov Y., On the existence and uniqueness of solution to the inverse problem of the determination of effective permittivity of nanomaterials// Izv. Vyssh. Uchebn. Zav. Povolzhsk. Region, vol. 1, pp. 11–24, 2009.

7. Smirnov Y., Mironov D., On the existence and uniqueness of solution to the inverse problem of the determination of effective permittivity of materials// Zh Vychil. Matem. Matem. Fiz., vol. 50, pp. 1587-1597, 2010.

8. Smirnov Y., Shestopalov Y., Existence and uniqueness of solution to the inverse problem of complex permittivity reconstruction of a dielectric body

in a waveguide// Inverse Problems, vol. 26, 105002, 2010.

9. Smirnov Y., Shestopalov Y., Mironov D., Analysis of Inverse Scattering in a Waveguide using the Method of Volume Singular Integral Equation// URSI Internetional Symposium on Electromagnetic Theory (EMTS 2010), Berlin, Germany, August 16-19, 2010, pp. 532-534.

10. Vasyunin, M. Medvedik D., Smirnov Y., Collocation method for the solution of a nonlinear volume singular integral equation in the problem of reconstructing effective permittivity of materials// Izv. Vyssh. Uchebn. Zav. Povolzhsk. Region, vol. 3, pp. 68–78, 2009.

11. Smirnov Y., Inverse boundary value problem for determination of permittivity of a dielectric body in a waveguide using the method of volume singular integral equation// IEEJ Fundamentals and Materials, vol. 129, pp. 675-680, 2009.

12. Smirnov Y., Shestopalov Y., Determination of permittivity of an inhomogeneous dielectric body in a waveguide// Inverse Problems, vol. 27, 095010, 2011.

13. Smirnov Y., Shestopalov Y., Inverse scattering in guides// *J. Phys.: Conf. Ser.*, Vol. 346, 012019, 2012.

14. Shestopalov Y., Smirnov Y., Derevyanchuk E.**,** Solution to the Inverse Problem of Reconstructing Permittivity of an *n*-Sectional Diaphragm in a Rectangular Waveguide// In Algebra, Geometry and mathematical Physics, *Springer Proc. in Mathematics & Statistics*, *Ser. 10533,* Vol. 85, pp. 555-567, 2014.

15. Grishina E., Derevjanchuk E., Medvedik M., Smirnov Y., Numerical and analytical solution to the problem of electromagnetic field diffraction by two sections having different permittivity in a rectangular waveguide// Izv. Vyssh. Uchebn. Zav. Povolzhsk. Region, vol. 2, pp. 342-353, 2010.

УДК 519.667

ОБ АЛГОРИТМЕ РЕШЕНИЯ ОСЛАБЛЕННОЙ ЗАДАЧИ ПРОСВЕТЛЕНИЯ В СМЫСЛЕ ЧЕБЫШЕВА

Ахмедов И.А., Парфёнов Д.В., Худак Ю.И., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

1. Работа посвящена математическому моделированию электромагнитных полей в многослойных магнитодиэлектрических системах (МДС) (см., например, [1]).

Опираясь на [2] – [4], в частности, установлено, что при $N = 2$ про-

странство параметров (материалов) слоистых систем является плоским графом с 20 вершинами, 66 рёбрами и 48 гранями (см. Рис. 1).

В [2] анонсирована теорема, описывающая решения классической задачи просветления (см., например, [1]) для двухслойных МДС и дана математическая постановка задачи просветления в смысле Чебышева для любого числа слоёв N (см. также [3]).

Ниже сформулирована и решена (при$N = 2$) ***ослабленная*** задача просветления в смысле Чебышева, для чего предложен ***метод*** углового "сканирования" областей просветления, позволяющий эффективно находить толщины слоёв просветляющих покрытий.

Доказаны утверждения о локализации нулей профилирующих функций двухслойных МДС и областей просветления таких систем.

2. Проблема ***согласования*** (в радиотехнике) или ***просветления*** (в оптике) состоит в уменьшении величины $\mathbf{R_F}$ — коэффициента отражения Френеля между двумя полупространствами, путём "***включения***" между ними некоторой МДС.

Математическая постановка ***классической задачи просветления*** (см. [1]):

Для ***заданной*** частоты ω_0 минимизировать функционал: $\mathbf{R}(\omega_0; \vec{p}, \vec{\nu})$ $\min$.

Будем говорить, что МДС даёт просветление на частоте ω, если:

$$\mathbf{R}_N(\omega) < \mathbf{R_F}\,, \tag{1}$$

МДС даёт ***окно просветления*** (Ω_1, Ω_2), если (1) справедливо $\forall\omega \in (\Omega_1, \Omega_2)$, а ***полное*** просветление возможно на частоте ω_0, если для ω_0 существуют такие значения $\vec{p}$, $\vec{\nu}$, что: $\mathbf{R}(\omega_0; \vec{p}, \vec{\nu}) = 0$.

Показано, что в классической задаче просветления в зависимости от $\vec{p}$, $\vec{\nu}$, существует счетное множество локальных минимумов $\{\omega_0\}$ для $\mathbf{R}_N(\omega)$. В точках $\{\omega_0\}$ — $\mathbf{R}_N(\omega_0)$ одно и то же. При "удачном" выборе $\vec{p}$ — $\mathbf{R}_N(\omega_0) = 0$.

Задача просветления в смысле Чебышева([2]):

Для интервала $[\Omega_1, \Omega_2]$ минимизировать функционал: $\max\limits_{\Omega_1 \leqslant \omega \leqslant \Omega_2} \mathbf{R}_N(\omega; \vec{p}, \vec{\nu})$ $\min$.

В [3] показано, что задача просветления в смысле Чебышева для $N = 1$ имеет единственный глобальный минимум и, возможно, конечное число, зависящее от величины интервала $[\Omega_1, \Omega_2]$, локальных минимумов.

Будем говорить, что рассматривается ***ослабленная*** задача просветления в смысле Чебышева, если минимизация в этой задаче проводится только по вектору переменных $\vec{\nu}$ (при фиксированном значении вектора параметров $\vec{p}$ в пространстве параметров $\mathcal{P}_2 = \{\vec{p}\}$).

Определим ***порождающие*** функции (см. [2]), сделав в элементах

первого столбца матрицы передачи МДС подстановку:

$$l_1 = \nu_1 \cdot \omega\,,\ \ldots\,,\ l_N = \nu_N \cdot \omega \qquad (2)$$

Будем говорить, что профилирующая функция при данном $\vec{p}$ имеет ***область просветления*** $G^j_{\vec{p}}$ в некотором j-ом её периоде T^N_j, если $\forall\, \vec{t} \in G^j_{\vec{p}} \subset T^N_j\colon\ F(\vec{t}) < \alpha_0^2$.

С учётом периодичности профилирующая функция $F(\vec{t})$ всегда имеет ***счётное*** множество областей просветления (если они вообще существуют при данном $\vec{p}$).

Для областей просветления, расположенных в одном и том же периоде профилирующей функции, но отвечающих разным значениям параметра $\vec{p}$) можно сформулировать следующий ***принцип предпочтения***:

Будем говорить, что область просветления $G_{\vec{p}_1}$ ***лучше*** области просветления $G_{\vec{p}_0}$, если $G_{\vec{p}_0} \subset G_{\vec{p}_1}$.

Если $G_{\vec{p}}$ какая-либо область просветления, то всякая МДС, получаемая из $F(\vec{t})$ по (2) с $\vec{\nu}$ так, что пересечение луча (2) с $G_{\vec{p}}$ состоит из ***более*** чем одной точки, обязательно имеет хотя бы одно ***окно просветления***.

В замкнутой области просветления $\overline{G}_{\vec{p}}$ функция $F(\vec{t})$ достигает своего минимума, который будет также достигаться и на каждом периоде. Поэтому существует счётное множество (зависящее от $\vec{p}$, $\vec{\nu} = \vec{\nu}(\vec{p})$) локальных минимумов $\{\omega_0\}\mathbf{R}_N(\omega)$.

3. В пространстве параметров $\mathcal{P}_2 = \{\vec{p}\}$ есть такие линии, что поведение профилирующей функции $F_{\vec{p}}(t_1, t_2)$ ***качественно*** меняется при "переходе" точки $\vec{p}$ через эти линии.

Т.к. в приложениях функции $F_{\vec{p}}(t_1, t_2)$ имеется ***характерный*** параметр: $\Theta = p_3/p_0$, то в $\mathcal{P}_2$ удобно ввести "***показательные***" координаты s_1, s_2:

$$\theta_1 \overset{\text{def}}{=} \Theta^{s_1 - 1/2}\,,\ \theta_3 \overset{\text{def}}{=} \Theta^{-s_2 + 1/2}\,,\quad \text{а тогда}\quad \theta_2 = \Theta^{s_2 - s_1}\,.$$

Пространство $\mathcal{P}_2$ в координатах $s_1\,, s_2$ изображёно на рис. 1.

4. В квадрате периодов профилирующей функции T^2 разделённом прямыми $t_1 = \frac{\pi}{2}, t_2 = \frac{\pi}{2}$ на четыре "четверти" $T_{00}, T_{01}, T_{10}, T_{11}$ существуют две замкнутые четырёхугольные области, закрашенные на Рис.2 тёмносерым цветом, в которых ***не существует*** нулей профилирующей функции $F_{\vec{p}}(t_1, t_2)$ ***ни при каких*** значениях параметров $s_1, s_2 \in \mathcal{P}_2 = \{\vec{p}\}$.

Условие:

$$\alpha_0\alpha_1\alpha_2\alpha_3 < 0 \qquad (3)$$

является необходимым и достаточным для существования внутренних для четвертей T_{ij} нулей функции $F_{\vec{p}}(t_1, t_2)$.

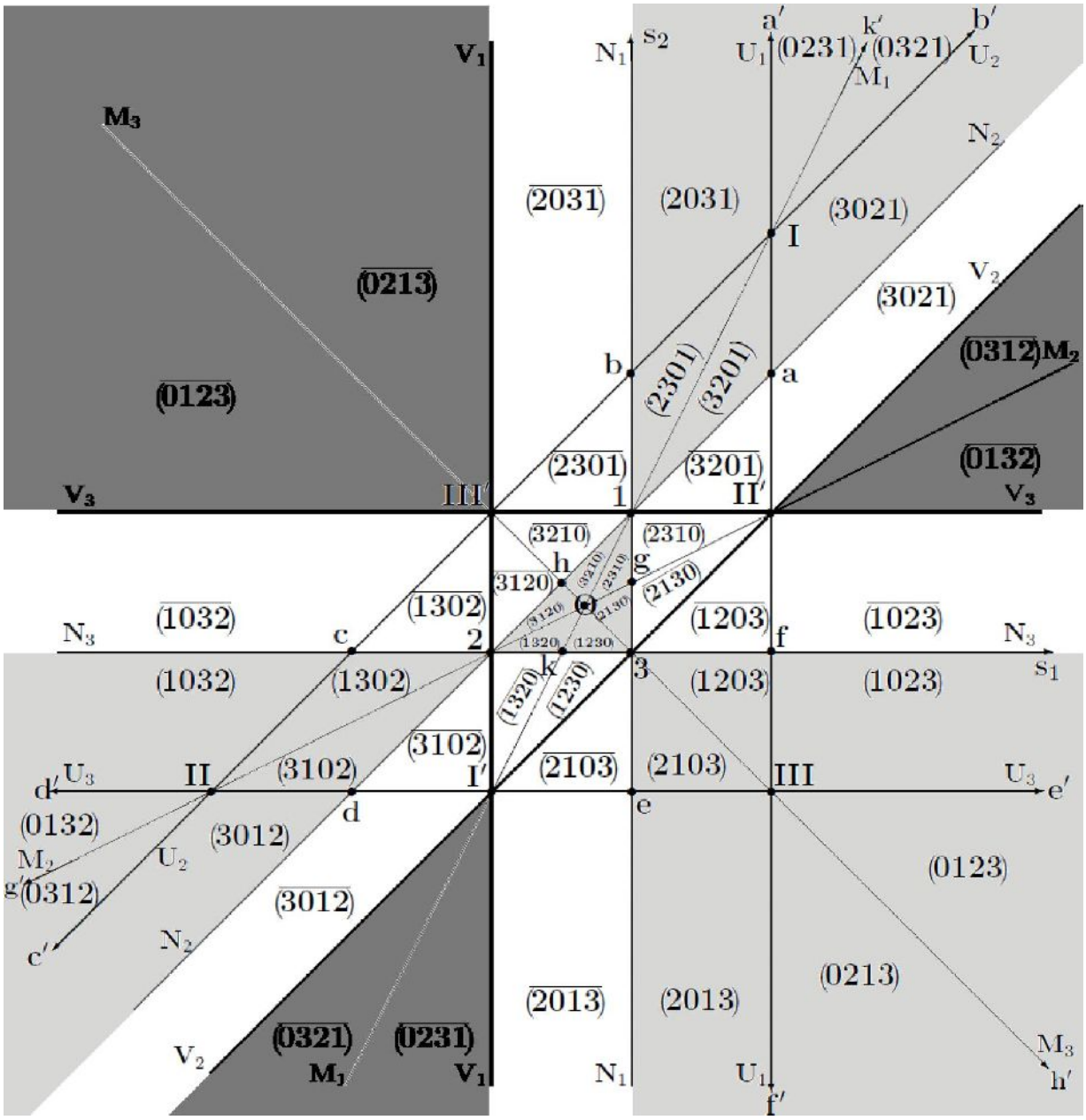


Рис. 1*:* Пространство параметров $\mathcal{P}_2$двухслойных МДС — ***карта*** изменения ***свойств*** функции $F(l_1, l_2)$. Наборами чисел $(ijkl)$ отмечены области, для точек которых выполнены ***упорядочивающие*** неравенства $\alpha_i^2 < \alpha_j^2 < \alpha_k^2 < \alpha_l^2$и условие (3). Наборами чисел $\overline{(ijkl)}$отмечены области, для точек которых выполнены ***упорядочивающие*** неравенства, а условие (3) не выполняется. Три жирные линии ***вырождения*** $\theta_j = 1$(на них $\alpha_j^2 = \alpha_0^2$и $\alpha_i^2 = \alpha_l^2$, $i \neq j,\ 0, l \neq j,\ 0$), образуют ***средний*** треугольник $\mathbf{I}', \mathbf{II}', \mathbf{III}'$. Три полужирные линии $\theta_j = \Theta$(на них $\alpha_j^2 = \alpha_0^2$), образуют ***большой*** треугольник $\mathbf{I}, \mathbf{II}, \mathbf{III}$. Три тонкие линии $\theta_j = \Theta^{1/2}$(на них $\alpha_j = 0$), образуют ***малый*** треугольник $\mathbf{1}, \mathbf{2}, \mathbf{3}$. Кроме того, нанесены три медианы всех треугольников (на них $\alpha_j^2 = \alpha_k^2$). Условие (3) выполняется в замкнутом малом треугольнике и его замкнутых внешних углах."

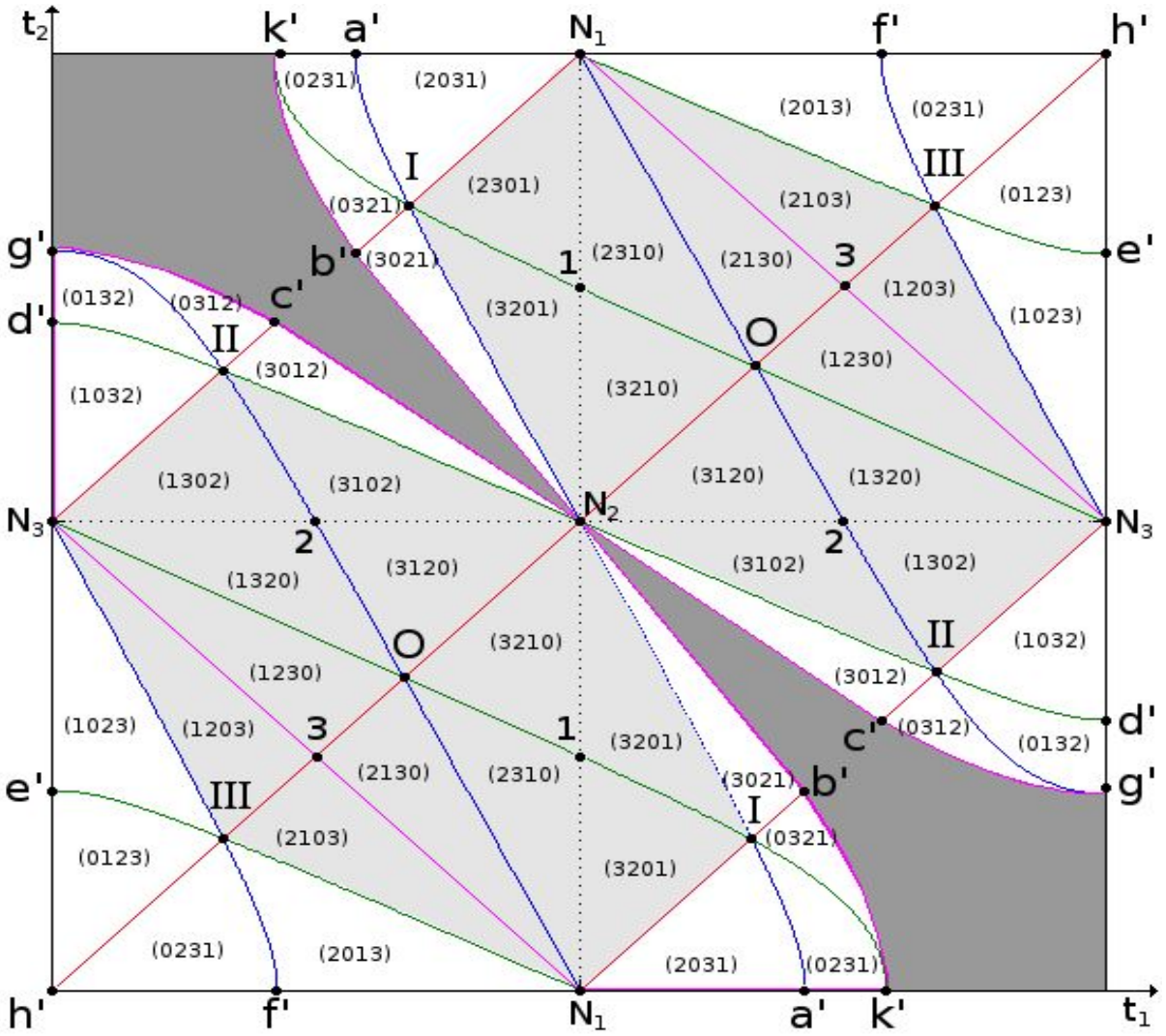


Рис. 2: ***Тёмносерым*** цветом закрашены две области, в которых ***не могут*** существовать нули функции $F(t_1,t_2)$ни при каком значении параметров s_1, s_2из пространства $\mathcal{P}_2$с Рис. 1. Остальную часть квадрата — периода функции $F(t_1,t_2)$занимают области, в которых ***могут*** находиться нули $F(t_1,t_2)$для ***произвольных*** двухслойных МДС, имеющих нули в соответствии с Рис. 1. Наборами чисел $(ijkl)$отмечены области, для точек которых выполнены ***упорядочивающие*** неравенства $\alpha_i^2 < \alpha_j^2 < \alpha_k^2 < \alpha_l^2$и условие (3). ***Светлосерым*** цветом закрашены две области, в которых могут располагаться нули функции $F(t_1,t_2)$, когда параметры s_1, s_2из пространства $\mathcal{P}_2$соответствуют точкам, расположенным внутри ***малого*** треугольника $\mathbf{1,2,3}$на Рис. 1, ограниченного тремя тонкими линиями $\theta_j = \Theta^{1/2}$(на них $\alpha_j = 0$), и трёх треугольниках, высекаемых теми же тонкими линиями внутри ***большого*** треугольника, ограниченного тремя средними по толщине линиями, и примыкающих к вершинам ***большого*** треугольника. Всюду внутри этих 4-х треугольников выполняется условие (3) существования нулей у $F(t_1,t_2)$

Нули $F(t_1,t_2)$при изменении параметров s_1, s_2в областях доминирования $\mathbf{I, II, III, O}$ парны и непрерывно заполняют части областей: для $\mathbf{I}$ — се-

веро-восточную половину $\mathbf{T_{10}}$ и юго-западную $\mathbf{T_{01}}$, для **II** — юго-западную половину $\mathbf{T_{10}}$ и северо-восточную $\mathbf{T_{01}}$, для **III** — юго-западную половину $\mathbf{T_{00}}$ и северо-восточную $\mathbf{T_{11}}$, для **O** — северо-восточную половину $\mathbf{T_{00}}$ и юго-западную $\mathbf{T_{11}}$.

Нули $F_{\vec{p}}(t_1, t_2)$, отвечающие разным значениям s_1, s_2, простые и различны (за исключением полувершинных решений).

Каждый неполувершинный нуль функции $F_{\vec{p}}(t_1, t_2)$ однозначно определяет соответствующие этой функции значения параметров s_1, s_2.

5. Алгоритм решения ослабленной задачи Чебышева для двухслойных систем на интервале частот $[\Omega_1, \Omega_2]$.

Пусть заданы: p_0, p_1, p_2, p_3, где p_0, p_3 – величины, обратные волновым сопротивлениям материалов левого и правого полупространств, а p_1, p_2 – материалов первого и второго слоя; $[\Omega_1, \Omega_2]$ - интервал частот, для которых требуется найти наилучшее просветление.

В результате работы алгоритма требуется найти толщины ν_1^*, ν_2^* слоёв системы, при которых достигается наилучшее просветление, и величину наилучшего просветления: $\mathbf{H}(\vec{p}, \vec{\nu}^*) = \max\limits_{\Omega_1 \leqslant \omega \leqslant \Omega_2} \mathbf{R}_N(\omega; \vec{p}, \vec{\nu})$.

Алгоритм поиска минимума целевого функционала состоит из четырёх этапов:

0. Исходные данные проверяются при помощи Рис. 1 на наличие областей просветления. Если областей просветления у функции $F_{\vec{p}}(t_1, t_2)$ ***нет*** , то алгоритм заканчивает свою работу с результатом: "Невозможно создать просветляющее покрытие из материалов p_1, p_2 для полупространств с параметрами p_0, p_3".

1. "Угловое сканирование" профилирующей функции $F_{\vec{p}}(t_1, t_2)$двух переменных с помощью луча $l(\phi): \ t_2 = \gamma \cdot t_1, \quad \gamma = \operatorname{tg}\phi, \quad 0 < \phi < \pi/2$.

След луча $l(\phi)$ на поверхности $F_{\vec{p}}(t_1, t_2)$, образующий сечение функции $F_{\vec{p}}(t_1, t_2)$, будем называть ***одномерной*** профилирующей функцией $f_\phi(t)$, соответствующей $l(\phi)$.

2. Анализ ***одномерной*** профилирующей функции $f(t) = F_{\vec{p}}(t_1, t_2), t_2 = \gamma \cdot t_1$, где $t = (t_1^2 + t_2^2)^{1/2}$, для поиска ***окон просветления***, – интервалов $[t_j, t_{j+1}]$ $(j = 0, 1, \ldots, J)$ на луче, для точек t которого $t_j < t < t_{j+1}$, выполняется ***условие просветления*** : $f(t) < \alpha_0^2$ и нахождения всех экстремумов $f_\phi(t)$ на этом интервале.

3. Сравнение полученных в п.2. ***окон просветления*** между собой по уровню достигаемого на них просветления $\mathbf{H}(\vec{p}, \vec{\nu}^*)$.

Каждый из этапов состоит из нескольких шагов.

1. Пусть на плоскости t_1, t_2 задана сетка с шагом π по каждой из осей.

Разделим отрезок $\mathbf{AB} \parallel$ оси t_2 ($A: [\pi, 0], B: [\pi, \pi]$), – на N равных частей.

Рассмотрим семейство лучей, выходящих из начала координат и

проходящих через точки $t_{2_i}(i = 1, 2, \ldots, N)$ на отрезке **AB**.

Для каждой точки t_{2_i}, определяющей профилирующую функцию $f_\phi(t)$, эта функция имеет ***свой*** период – T_i.

2. Для профилирующей функций $f_{\phi_i}(t)$, соответствующей лучу $l(\phi_i)$ находим:

1) Интервалы просветления.

2) Экстремумы функции $f_\phi(t)$ на отрезке $[0, T_i]$.

Отыскание ***окон просветления***:

Отрезок-период $[0, T_i]$ делим на равные части с шагом Δ.

Для каждой точки t_{Δ_i} отрезка $[0, T_i]$ вычисляем значение функции $f_\phi(t_{\Delta_i})$.

Если значение функции в очередной точке $f_\phi(t_{\Delta_i})$ меньше α_0^2, то точку t_{Δ_i} считаем началом ***окна просветления*** – $T_{L_{\Delta_i}}$.

Если значение функции в очередной точке t_{Δ_i} больше α_0^2 и, ранее была найдена точка начала окна просветления $T_{L_{\Delta_i}}$, то данную точку считаем окончанием ***окна просветления*** – $T_{R_{\Delta_i}}$.

Если значение функции $f_\phi(t)$ во всех точках $f_\phi(t_{\Delta_i}) < \alpha_0^2$, то считаем, что профилирующая функция ***целиком*** лежит ниже α_0^2 и, ***окном просветления*** является весь ***период*** $[0, T_i]$ этой профилирующий функции.

Полученный интервал $[T_{L_{\Delta_i}}, T_{R_{\Delta_i}}]$ добавляем в массив окон просветления T_{LR_i}.

Параллельно находим экстремумы профилирующей функции $f_\phi(t)$ и заносим их в массив экстремумов E_i.

3. Для каждого ***окна просветления*** T_{LR_i} отбираем локальные минимумы, которые лежат в данном интервале и подбираем значение параметра ν, при котором интервал $[\nu \cdot \Omega_1, \nu \cdot \Omega_2]$ умещается в это окно просветления.

а) В качестве начального значения параметра ν_0 берём такое, при котором середина интервала $[\nu_0 \cdot \Omega_1, \nu_0 \cdot \Omega_2]$ попадает в точку первого локального минимума.

Для полученного ν_0 вычисляем значение на концах отрезка $[\Omega_1, \Omega_2]$.

В случае, если выполняются условия:

$$\nu_0 \cdot \Omega_1 > T_{L_{\Delta_i}} \qquad \text{и} \qquad \nu_0 \cdot \Omega_2 < T_{R_{\Delta_i}}$$

то интервал $[\Omega_1, \Omega_2]$ "умещается" в данном окне просветления T_{LR_i}.

Если на интервале $[\nu \cdot \Omega_1, \nu \cdot \Omega_2]$ глобальный максимум $f_\phi(t)$ находится строго внутри этого отрезка, то уровень просветления $\mathbf{H}(\vec{p}, \vec{\nu})$ на этом отрезке равен значению этого максимума.

Если же внутренние максимумы $f_\phi(t)$ на интервале $[\nu \cdot \Omega_1, \nu \cdot \Omega_2]$ отсутствуют, то необходимо добиться "выравнивания" значений функции на концах интервала при помощи "управления" параметром ν, т.е. добиться выполнения неравенства:

$$|F(\nu \cdot \Omega_1) - F(\nu \cdot \Omega_2)| < \varepsilon, \quad \text{где } \varepsilon \text{ заданная погрешность.}$$

Если разность превышает ε, то "выравнивание" осуществляется путём:

– увеличения текущего значения ν, если значение профилирующей функции на левом конце отрезка $(\nu \cdot \Omega_1)$ больше, чем на правом $(\nu \cdot \Omega_2)$;

– уменьшения текущего значения ν, когда значение функции на левом конце $(\nu \cdot \Omega_1)$ меньше, чем на правом $(\nu \cdot \Omega_2)$.

Если разность не превышает ε, то необходимо проанализировать все оставшиеся на данном периоде локальные минимумы $f_\phi(t)$, для чего выполнить шаги алгоритма, начиная с 3а).

Среди полученных результатов, — уровней просветления для текущей профилирующей функций $f_{\phi_i}(t)$, соответствующей данному лучу $l(\phi_i)$, необходимо выбрать такое значение ν_i, при котором уровень просветления $\mathbf{H_i}$ будет минимальным.

Полученные значения $\mathbf{H_i}$ и ν_i накапливаются в массиве $\mathbf{H}_{\nu_{i^*}}$ и после завершения его формирования выбираются минимальные значения $\mathbf{H}^* = \mathbf{H}(\vec{p}, \vec{\nu}^*)$ и соответствуюшие им значения ν_1^*, ν_2^*.

Библиографический список

[1] M. Born, E. Wolf Principles of Optics. 7th ed – Cambridge, 2002.

[2] Ю. И. Худак О задаче просветления в классической постановке, Доклады АН, 2013, т.448, № 5, 1-4.

[3] Ю. И. Худак О наилучшем однослойном просветляющем покрытии для интервала частот, ЖВМ и МФ, 1990, т.30, №2, 325-327.

[4] I. Akhmedov, Yu. Hudak The Anti-reflective Coating for The Normal Incidence of Light, PROGRESS IN ANALYSIS, Proceeding of the 8th Congress of the International Sosiety for Analysis, its Applications, and Computation (ISAAC) (22-27 August 2011), Volume 1, Moskow, Peopless' Frendship University of Russia Publisher, 2012, 128-137.

УДК 621.396

ПРОХОЖДЕНИЕ ЭЛЛИПТИЧЕСКИ ПОЛЯРИЗОВАННОЙ ВОЛНЫ ЧЕРЕЗ ПРОСТЕЙШУЮ МДС ПРИ НАКЛОННОМ ПАДЕНИИ

Митин А. В., Худак Ю. И., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Для эллиптически поляризованной волны решена задача о выборе параметров промежуточного слоя для наилучшего равномерного просветления в смысле Чебышева на интервале частот Ω_1, Ω_2 ([2]) при фиксированном угле падения $0 \quad 0 \quad / 2$.

1. Описание системы и обозначения. Пусть магнитодиэлектрическая

система (МДС) состоит из двух полупространств разделённых одним промежуточным слоем. Пусть материалы всех слоёв не имеют проводимости и характеризуются диэлектрической и магнитной проницаемостями: $_j$, $_j$ (j 0,1,2).

Электромагнитное поле в МДС описывается решением системы уравнений Максвелла, удовлетворяющим "материальным" уравнениям поля: $\vec{B}$ $\vec{H}$, $\vec{D}$ $\vec{E}$, где $\vec{E}$, $\vec{H}$ – векторы напряжённости, а $\vec{D}$, $\vec{B}$ – индукции электрического и магнитного полей, если на границах сред непрерывны тангенциальные составляющие $\vec{E}$ и $\vec{H}$.

Будем рассматривать гармонически зависящие от времени поля в виде плоских волн: $\vec{E}$ $\vec{E}_r$ $e^{\ i\ t}$ и $\vec{H}$ $\vec{H}_r$ $e^{\ i\ t}$, где амплитуды $\vec{E}_r$ и $\vec{H}_r$ зависят только от пространственных координат, постоянны в каждой из плоскостей $\perp$ волновому вектору $\vec{k}_j$ для каждой из сред (j 0,1,2) и образуют с ним правую тройку векторов.[1]

Введём правую систему декартовых координат так, чтобы плоскость *OYZ* совпадала с левой границей промежуточного слоя, ось *OX* была направлена внутрь этого слоя, а волновой вектор $\vec{k}_0$ составлял с ней острый угол $_0$.

Известно [1], что в каждом из слоёв МДС (j 0,1,2) общее решение уравнений Максвелла будет линейной комбинацией, вообще говоря, с комплексными коэффициентам d_0 и d_1, линейно поляризованных **TE-** и **TM**-волн, у которых $\vec{E}$ ‖ плоскости *OYZ* для **TE**-волны и $\vec{H}$ ‖ плоскости *OYZ* для **TM**-волны.

Квадраты модулей d_0, d_1 имеют физический смысл коэффициентов пропорциональности при плотностях энергии в **TE-** и **TM**-компонентах, вообще говоря, эллиптически поляризованной плоской волны, для которой разность фаз d_0, d_1 определяет форму эллипса поляризации.

Координатные записи $\vec{E}$ и $\vec{H}$ будут:

TE-волна:

$$\vec{E} \quad (0,0,E_z),\ \vec{H} \quad (H_x,H_y,0) \qquad (1)$$

TM-волна:

---

[1] Индекс r всюду ниже мы опускаем, а ω далее будет обозначать волновое число ω/*c*, где *c* – скорость света.

$$\vec{E} \quad (E_x, E_y, 0), \ \vec{H} \quad (0,0,H_z) \qquad (2)$$

Пусть: $n_j \quad \sqrt{\ j \ \ j}$ – показатели преломления и $p_j \quad \sqrt{\ j / \ \ j}$ – величины, обратные к волновым сопротивлениям j-ой среды.

Условие непрерывности тангенциальных составляющих $\vec{E}$ и $\vec{H}$ на границах j-го и (j+1)-го слоёв (при $x \quad a_0 \quad 0$ и $x \quad a_1 \quad D$ где D– толщина конечного слоя) даёт уравнения:

$$E^{(j)}(a_j \quad 0, y, z) \quad E^{(j \ 1)}(a_j \quad 0, y, z)$$
$$E^{(j)}(a_j \quad 0, y, z) \quad E^{(j \ 1)}(a_j \quad 0, y, z)$$

из которых, в частности, следует закон преломления Снеллиуса:

$$n_0 \sin \ _0 \quad n_1 \sin \ _1 \quad n_2 \sin \ _2$$

Для **TE** и **TM** поляризаций, уравнения Максвелла, описывающие плоскую волну, эквивалентны (см. [3]) системе обыкновенных дифференциальных уравнений:

$$\begin{matrix} E' \\ H \end{matrix} \quad \begin{matrix} 0 & i \ \frac{\tilde{n}}{\tilde{p}} \\ i \ \tilde{n} \tilde{p} & 0 \end{matrix} \quad \begin{matrix} E \\ H \end{matrix} \qquad (3)$$

где

$$E \quad E_z, H \quad H_y \ (\text{для } \underline{\text{TE}}) \ \text{и} \ E \quad E_z, H \quad H_y \ (\text{для } \underline{\text{TM}}) \qquad (4)$$

и величины $\tilde{n}$ и $\tilde{p}$ также имеют разный смысл:

для <u>TE-волны</u>: $\tilde{n} \quad n\cos \ , \ \tilde{p} \quad p\cos$

для <u>TM-волны</u>: $\tilde{n} \quad n\cos \ , \ \tilde{p} \quad p/\cos$

В каждом слое общее решение уравнений (3) имеет вид:

$$\begin{matrix} E \\ H \end{matrix} \quad \tilde{C}_0 \ \begin{matrix} 1 \\ \tilde{p} \end{matrix} \ e^{i \ \tilde{n}(x \ \ x_0)} \quad \tilde{C}_1 \ \begin{matrix} 1 \\ \tilde{p} \end{matrix} \ e^{\ i \ \tilde{n}(x \ \ x_0)}$$

где $\tilde{C}_0, \tilde{C}_1$ – произвольные комплексные постоянные.

В физической интерпретаци $\tilde{C}_0^{(j)}$ – комплексная амплитуда волны, распространяющейся вправо (“набегающей”), а $\tilde{C}_1^{(j)}$ – волны,

распространяющейся влево (“отражённой”) в j-м слое.

Коэффициенты $\tilde{C}_0$, и $\tilde{C}_1$ ([2]) при переходе из одного слоя в другой удовлетворяют условию инвариантности:

$$\tilde{p}_j \left|\tilde{C}_o^{(j)}\right|^2 \left|\tilde{C}_1^{(j)}\right|^2 \tilde{p}_k \left|\tilde{C}_o^{(k)}\right|^2 \left|\tilde{C}_1^{(k)}\right|^2$$

для любых номеров j, k, эквивалентному закону сохранения энергии.

Поэтому $\tilde{p}_0 \left|\tilde{C}_o^{(0)}\right|^2$ – пропорционально плотности энергии в набегающей на систему волне, а $\tilde{p}_0 \left|\tilde{C}_1^{(0)}\right|^2$ – плотности энергии волны, отражённой от всей системы.

Пусть: $\tilde{C}_1^{(2)}$ 0 (отсутствие отражения на +∞) и $\tilde{C}_0^{(2)}$ 1 (условие нормировки).

Для обоих случаев **TE** и **TM** поляризации обозначим: $\tilde{\ }$ $\frac{\tilde{p}_2}{\tilde{p}_0}$;

$\tilde{}_1$ $\frac{\tilde{p}_1}{\tilde{p}_0}$; $\tilde{}_2$ $\frac{\tilde{p}_2}{\tilde{p}_1}$ и $\frac{p_2}{p_0}$; $_1$ $\frac{p_1}{p_0}$; $_2$ $\frac{p_2}{p_1}$. s $\sin^2$ $_0$,

h_1 $\frac{\cos\ _1}{\cos\ _0}$, h_2 $\frac{\cos\ _2}{\cos\ _1}$, h $\frac{\cos\ _2}{\cos\ _0}$ и $\tilde{}_1$ $n_1 D\cos\ _1$, где D – толщина среднего слоя, и $\tilde{t}$ $\tilde{}_1$.

Тогда:

$$\left|\tilde{C}_1^{(0)}\right|^2 \quad \tilde{}_0^{\,2}\cos^2\tilde{t} \quad \tilde{}_1^{\,2}\sin^2\tilde{t} \qquad (5)$$

где $\tilde{}_0$ $\frac{1}{2}$ 1 $\tilde{}$; $\tilde{}_1$ $\frac{1}{2}$ $\tilde{}_2$ $\tilde{}_1$.

Величина $\tilde{t}$ в (5), в силу закона Снеллиуса будет вещественной, если $n_1^2 \quad n_0^2 s$. Далее будем считать это условие выполненным, как и аналогичное условие для МДС без просветляющего слоя: $n_2^2 \quad n_0^2 s$.

Ниже вместо общего значка “~” над буквами будем для различения случаев **TE** и **TM** писать: “∨” – для **TE**- и “∧” – для **TM**-волны.

Конкретизируем: h; $0 \quad \frac{1}{2} \quad 1$; $1 \quad \frac{1}{2} \quad 2 \quad 1$, а также: h; $0 \quad \frac{1}{2} \quad 1$; $1 \quad \frac{1}{2} \quad 2 \quad 1$. При этом $\tilde{}_1$ и $\tilde{t}$ одинаковы для обеих поляризаций.

Величины $p_j \left| C_o^{(j)} \right|^2 \left| C_1^{(j)} \right|^2$ и $p_j \left| C_o^{(j)} \right|^2 \left| C_1^{(j)} \right|^2$ являются инвариантами для всех слоёв $j \quad 0,1,2$ системы.

В силу независимости распространения **TE**- и **TM**-волн в МДС, одна и та же линейная комбинация рассмотренных выше инвариантов с положительными коэффициентами w и w (в каждом слое j), также является инвариантом, который, в физической интерпретации, соответствует плотности энергии ЭМ-поля в системе [1].

Энергетический коэффициент отражения равен отношению плотности энергии отражённой от системы волны, к плотности энергии падающей волны:

$$R = \frac{w \left| C_1^{(0)} \right|^2 \quad w \left| C_1^{(0)} \right|^2 \quad w \left| C_o^{(0)} \right|^2 \quad w \left| C_1^{(0)} \right|^2}{w \left| C_o^{(0)} \right|^2 \quad w \left| C_0^{(0)} \right|^2 \quad w \left| C_1^{(0)} \right|^2 \quad w \quad w \left| C_1^{(0)} \right|^2 \quad w}$$

где w и w – положительные постоянные, определяющие энергетические интенсивности **TE**- и **TM**-составляющих в падающей волне.

2. Математическая постановка и решение задачи о наилучшем

равномерном просветлении в диапазоне частот [1, 2] (при постоянном угле падения для эллиптической поляризации).

Требуется выбрать такие параметры конечного слоя $\tilde{1}$ и p_1, при которых энергетический коэффициент отражения системы R минимален в диапазоне частот [1, 2]:

$$\max_{1,\ 2} R\left(, \tilde{1}, p_1 \right) \min_{\tilde{1}, p_1} \tag{6}$$

Т.к.

$$R \frac{f}{f 1}, \qquad f \frac{w C_o^{(0)} ^2 w C_1^{(0)} ^2}{w \quad w} \tag{7}$$

то, в силу монотонности R по аргументу f, задача сводится к минимизации f:

$$\max_{1,\ 2} f\left(, \tilde{1}, p_1 \right) \tag{8}$$

При фиксированном 0 – знаменатель в (7) постоянен, и его можно отбросить.

Условие $R\left(0, \tilde{1}, p_1 \right) R\left(0, 0, p_1 \right)$ (см. [2]), назовём *условием просветления*.

Оно показывает, что возможно подобрать параметры промежуточного слоя так, чтобы при хотя бы одной фиксированной частоте 0 энергетический коэффициент отражения R был бы меньше, чем в системе без просветляющего слоя, и сводится к:

$$w_1^2 \quad w_1^2 \quad w_0^2 \quad w_0^2 \tag{9}$$

т.к. эквивалентно наличию локального минимума функции f, рассматриваемой, как функция только от $\tilde{1}$ при фиксированном p_1, в точке $\tilde{t}$, при которой $\tilde{t}$ / 2.

Для минимизации функционала (8), при фиксированном p_1, при

выполнении условия просветления, необходимо и достаточно, подбирая $\tilde{}_1$, поместить середину отрезка $[\tilde{t}(\ _1,\tilde{}_1),\tilde{t}(\ _2,\tilde{}_1)]$ в одну из точек с $\tilde{t}\ \ /2\ \ k$ ($k\ \ 0,1,\ldots$), где достигаются минимумы синусоиды: $(\ \tilde{}_1\ 1\ \ \tilde{}_2\ 1)/2\ \ \tilde{t}\ \ /2\ \ k$ или

$$1^{\min}\ \ \frac{/2\ \ k}{1\ \ 2} \tag{10}$$

при том, что длина $\Omega_{1\Omega 2}$ не должна превышать периода синусоиды:

$$(\ \ 1\ \ 2)\ \ 1 \tag{11}$$

Теперь найдём p_1, при котором минимумы f наиболее глубоки. Значение функции

$$f\ \ w(\ \ 0^2\cos^2\tilde{t}\ \ 1^2\sin^2\tilde{t})\ \ w(\ \ 0^2\cos^2\tilde{t}\ \ 1^2\sin^2\tilde{t})$$

в точке $\tilde{t}\ \ /2$ равно

$$w\ \ 1^2\ \ w\ \ 1^2 \tag{12}$$

Исследуя на минимум эту сумму при изменении p_1, после ряда преобразований получим: $w\ \ 2^2\ \ w\ \ 1^2\ \ w\ \ 2^2\ \ w\ \ 1^2$

$$(w\,h_2{}^2\ \ w\frac{1}{h_2^2})p_2^2\frac{1}{p_1^2}\ \ (w\,h_1{}^2\ \ w\frac{1}{h_1^2})\frac{1}{p_0^2}p_1^2.$$

В последнем выражении, считая $p_1{}^2$ параметром, находим экстремум:

$$p_1{}^{\min}\ \ \sqrt{p_0p_2}\ \sqrt[4]{\frac{w\,h_2{}^2\ \ \frac{w}{h_2^2}}{w\,h_1{}^2\ \ \frac{w}{h_1^2}}} \tag{13}$$

Замечание: В отличие от линейной **TE**- или **TM**-поляризации, в случае эллиптической поляризации энергетический коэффициент отражения R ни при какой частоте не обращается в нуль.

Это доказывает невозможность сведения задачи о наилучшем

просветлении при наклонном распространении для эллиптической поляризации к аналогичной задаче при нормальном распространении волны "заменой параметров", как это возможно для линейной **TE**- или **TM**-поляризации.

Таким образом, доказана следующая

Теорема.

1. Для каждого значения параметра p_1 из диапазона $[p_0, p_2]$ найдётся ***конечное*** число значений $\tilde{1}$, определяемых формулами (10) и (11), при которых функционал $max\ R$ имеет локальный минимум.

2. Для любого p_1 $[p_0, p_2]$ точки минимума функционала $max\ R$ строго ***упорядочены*** по величине, и среди них есть ***единственный*** глобальный минимум, определяемый условием k 0 в (10).

3. Глобальный минимум функционала $max\ R$ будет ***лучшим*** из возможных, когда p_1 удовлетворяет условию (13).

Библиографический список

1. M. Born, E. Wolf Principles of Optics. 7th ed – Cambridge, 2002.

2. Ю. И. Худак О наилучшем однослойном просветляющем покрытии для интервала частот, ЖВМ и МФ, 1990, т.30, №2, 325-327.

3. A. V. Mitin, Yu. I. Hudak The Anti-reflective Coating for The Oblique Incidence of Light // Proceeding of the 8th Congress of the International Sosiety for Analysis, its Applications, and Computation (22-27 August 2011), Volume 1, Editors V.I. Burenkov, M.L.Goldman, E.B.Laneev, V.D.Stepanov, Moskow, Peopless' Frendship University of Russia Publisher, 2012, 128-137.

СЕКЦИЯ 6. УПРАВЛЕНИЕ ИННОВАЦИЯМИ И КАЧЕСТВОМ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ И ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ

УДК 658.5.011

РЕЗЕРВ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВАОРГАНИЗАЦИИ РАДИОЭЛЕКТРОННОГО КОМПЛЕКСА РОССИИ

Бачурин В.А., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Введение

Оборонно-промышленный комплекс (ОПК) является одним из наиболее наукоемких и стратегически значимых в масштабах страны отраслью.В настоящее время российская радиоэлектронная промышленность занимает ведущее место (36 % от общего ОПК) в обеспечении обороноспособности и безопасности государства, играет значительную роль в решении социально-экономических задач страны, техническом переоснащении важнейших сфер экономики и конкурентоспособности России.

Введение на оборонных предприятиях эффективно работающей, сертифицированной системы менеджмента качества – одна из задач в области повышения качества продукции и управления ОПК, установленных «Основами политики России в области развития ОПК на период до 2020 года и дальнейшую перспективу».[1] Поэтому поиск резервов повышения эффективности системы менеджмента качества (СМК) организаций радиоэлектронного комплекса (РЭК) России является актуальной проблемой, решение которой будет способствовать повышению качества продукции, а следовательно и конкурентоспособности организаций РЭК России.

1. Пути решения проблемы

Повышение эффективности СМК организаций РЭК России может быть достигнуто путем совершенствования процессов СМК этих организаций. Так как первоочередным фактором качества продукции является исходный материал, покупные изделия, полуфабрикаты, поэтому целью доклада-статьи является определение направления совершенствования процесса закупки в СМК организации РЭК России, как резерва повышения её эффективности.

2. Направление совершенствования процесса закупки в СМК

Разработка типовой системы управления закупками (СУЗ) организаций РЭК России с учетом их специфических особенностей – направление совершенствования процесса закупки в СМК организаций РЭК России, являющихся госзаказчиками и заказчиками.

Госзаказчик – юридическое лицо, применяющее положение Закона № 44-ФЗ для закупки продукции.

Заказчик – юридическое лицо, применяющее положение Закона № 223-ФЗ, в интересах и за счет средств которого производится закупка.

Закон № 44-ФЗ Федеральным законом от 05.04.2013 г. № 44-ФЗ «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд».

Федеральный закон от 18 июля 2011 г. № 223-ФЗ "О закупках товаров, работ, услуг отдельными видами юридических лиц".

Система управления закупками (СУЗ) – скоординированная деятельность по управлению организаций РЭК России в области закупок.

Рис. 1 – Форма управленческой технологии СУЗ

В основе СУЗ лежит соблюдение принципов:

– информационной открытости закупки;

– равноправие, справедливость, отсутствие дискриминации и необоснованных ограничений конкуренции по отношению к участникам закупки;

– целевое и экономически эффективное расходование денежных средств на приобретение товаров, работ, услуг (с учетом, при необходимости, стоимости жизненного цикла закупаемой продукции) и реализацию мер, направленных на сокращение издержек заказчика;

– отсутствие ограничения допуска к участию в закупке путем установления не измеряемых требований к участникам закупки.

«Исполнительным механизмом» СУЗ является её нормативно-методическое обеспечение – комплекс документов организации РЭК России, а также документов по стандартизации внешнего происхождения, законодательных и распорядительных документов, регламентирующих закупочную деятельность. Основополагающим документом в категории «стандарт организации» является Положение о закупках, которое регламентирует закупочную деятельность организации РЭК России и содержит требования к закупке, в том числе прядок подготовки и проведения процедур закупки (включая способы закупки) и условия их применения, порядок заключения и исполнения договоров, а также иные связанные с обеспечением закупки положения.

Заключение

Совершенствование процессов СМК организации РЭК России нужно рассматривать как важную научную и практическую задачу, решение которой обеспечит повышение эффективности СМК и как следствие конкурентоспособности организации РЭК России. Поэтому на современном этапе их развития разработка СУЗ для типовой организации РЭК России является актуальной и востребованной.

Библиографический список

1. Макарова Н.С. Совершенствование системы обеспечения качества продукции предприятий оборонно-промышленного комплекса // Материалы Международной научно-технической конференции «INTERMATIC–2011» / М.: МГТУ МИРЭА, 2011, Ч.4.

2. Пособие «Основы организации и сертификации системы менеджмента качества». В 5 ч. / Разработчики: В.В. Голубев, И.Н. Животкевич, А.Г. Федотов; Выпуск 8 – Москва: Учебный центр АНО «ИнИС ВВТ», 2010.

3. Хохлов С.В. опережающий рост отечественной радиоэлектронной промышленности // Радиоэлектронные технологии – 2015. – №1. – с. 39 – 43. [Электр. ресурс] – Режим доступа: http://hi-tech.media/

4. Федеральный закон «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд» (№ 44-ФЗ от 05.04.13 г.)

5. Федеральный закон "О закупках товаров, работ, услуг отдельными видами юридических лиц" (№ 223-ФЗ от 18.07.11 г.)

6. ГОСТ ISO 9000-2011 Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь.

7. ГОСТ ISO 9001-2011 Системы менеджмента качества. Требования.

УДК 658.5.011

ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ВОПРОСАМ ПЛАНИРОВАНИЯ И СОЗДАНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОДУКТОВ В СФЕРЕ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ И ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Вокин Г.Г., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Введение

Как показывает научно-технический анализ и практика внедрения и использования инноваций и нововведений, улучшение свойств выпускаемой продукции и ее конкурентоспособные качества без целенаправленной организации комплекса научно-технических работ не достигается даже в условиях рыночных отношений. К настоящему времени созрели условия для определения состава организационных структур и комплекса выполняемых ими научно-технических работ, которые в совокупности могут обеспечить ускоренное внедрение инноваций в изделия предприятий.

Формирование организационно-технико-экономических предложений по внедрению инноваций

В качестве организационно-экономического механизма ускоренного внедрения научно-технических инноваций (НТИ) предлагается создавать в масштабе предприятия структурно-функциональную систему управления, которая должна включать следующие основные взаимосвязанные подсистемы:

- обучения персонала методам ускоренного внедрения инноваций в изделия, например, радиотехнических и инфокоммуникационных систем (РТИКС);
- сбора и хранения данных об актуальных для предприятий инновационных предложениях;
- научного и технико-экономического анализа и отбора инноваций, целесообразных для внедрения на предприятии;
- определения ожидаемых научно-технических возможностей инноваций и адаптация их к потребностям ракетно-космических изделий;
- проектно-конструкторских разработок и технико-экономических оценок ожидаемой эффективности от внедрения НТИ;
- инженерно-технологических работ по изготовлению опытных образцов изделий с использованием НТИ;
- выбора стратегии предприятия и мер, нацеленных на эффективное

коммерческое использование НТИ в условиях рыночной конкуренции;

- формирования комплекса стимулов и системы организационно-экономических мер по обеспечению оперативного внедрения инноваций в изделия РКТ с учетом интересов предприятия и его работников в условиях рыночной среды;
- компьютерной поддержки и мониторинга процессов внедрения НТИ на предприятиях промышленности;
- оценки ожидаемого эффекта от использования предложенной системы менеджмента по внедрению НТИ в изделия РТИКС на предприятиях отрасли.

В соответствии с концептуальным замыслом построения рекомендуемой организационно-экономической системы все упомянутые подсистемы увязаны, координируются и управляются центральным звеном системы. При этом следует подчеркнуть, что упомянутые выше подсистемы отражают, прежде всего, этапы внедрения НТИ и совсем нет необходимости выделять их специально в оргштатной структуре. В зависимости от конкретной ситуации на предприятии упомянутые этапы можно интегрировать, объединять или возлагать их исполнение на одного или нескольких специально обученных работников одной или нескольких организационных структур.

В комплексе научно-технических работ, направленных на обеспечение ускоренного внедрения инноваций в изделия следует выделить, в первую очередь, три совокупности работ, включающих следующие научно-технические работы и мероприятия, реализуемые соответствующими подразделениями и звеньями предлагаемого организационно-экономического механизма ускоренного внедрения инноваций.

1. Анализ путей совершенствования основных составных частей выпускаемой продукции и повышения на этой основе их технико-экономических характеристик:

- анализ направлений развития ключевых составных частей выпускаемой продукции и определение требований, предъявляемых к их перспективным образцам;
- сравнительный анализ достигнутых и требуемых в перспективе уровней основных характеристик изделий и выявление проблемных вопросов;
- выявление критичных составных частей изделий;
- новые технологии и анализ принципиальных возможностей использования их для улучшения технико-экономических характеристик изделий.

2. Разработка и обоснование предложений и научно-технических решений по улучшению характеристик критичных составных частей изделий на основе использования потенциальных возможностей новых технологий:

- проведение поисковых исследований и разработка принципиальных научно-технических решений по улучшению характеристик критич-

ных составных частей изделий;

- разработка расчетно-экспериментальных моделей критичных элементов изделий с учетом использования при их создании новых технологий;
- математическое моделирование процессов функционирования критичных элементов с учетом использования технических решений, разработанных на базе внедрения новых технологий;
- создание опытных образцов, проведение их испытаний и оценка уровня характеристик изделий с учетом внедрения новых технологий;
- разработка предложений по внедрению полученных результатов в производство;
- формирование предложений по проектированию и производству изделий с учетом использования новых технологий.

3. Разработка комплексной методики оценки ожидаемой технико-экономической эффективности использования новых технологий при создании критичных составных частей изделий:

- формирование структуры и определение состава комплексной методики технико-экономической оценки эффективности использования потенциальных возможностей новых технологий при создании изделий;
- разработка частных методик оценки технико-экономических характеристик критичных составных частей изделий, создаваемых с использованием новых технологий;
- оценка ожидаемого эффекта от использования новых технологий при создании конкретных изделий предприятием.

Очевидно, что названные в перечнях работы выполняются по принадлежности соответствующими тематическими подразделениями системы ускоренного внедрения инноваций.

Изложенные концептуальные основы построения организационно-экономической системы ускоренного внедрения инноваций носят общий характер, но при использовании их на конкретном предприятии требуется, естественно, учет специфических особенностей как структуры предприятия, так и состава и назначения выпускаемой продукции. При этом можно утверждать, что без учета общих концептуальных положений и без использования комплексного подхода маловероятно ожидать, что будет создана эффективная система внедрения инноваций.

Заключение

Как показывает анализ, выстроенная таким образом схема управления процессами внедрения НТИ в изделия, например, РТИК на различных этапах их реализации позволит оперативно, целенаправленно и организованно добиваться улучшения качества изделий и характеристик конкурен-

тоспособности продукции предприятия, способствуя тем самым достижению, в частности, экономического благополучия предприятия в условиях рыночных отношений.

УДК 658.5.011

РОЛЬ И МЕСТО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ТРУДА В ИННОВАЦИОННОЙ ЭКОНОМИКЕ

Гавриленко Т.Ю., Ткаченко Е.К., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

В статье дано расширенное понятие «человеческого фактора» и его роли и места в инновационной экономической системе. Также рассмотрено поэтапное формирование постиндустриального общества и отмечены его характерные черты с точки зрения возрастания использования интеллектуального труда.

Основная цель социально-экономического реформирования, произошедшего в недавнем прошлом в нашей стране, состояла в переходе к проверенной мировой практикой современной рыночной системе, предполагающей, в числе прочего, создание должной мотивации в интенсификации работы научных и производственных предприятий промышленности по эффективному использованию ресурсов или факторов производства, в частности, человеческого потенциала.

В современной глобальной экономике промышленное развитие стран определяется такими понятиями, как ресурсодобывающие и производящие высокоэффективные товары и услуги. В настоящее время широко используется термин «индустриальное общество» - то есть общество, основанное на развитии крупного промышленного производства, формирующего соответствующие модели рынка потребления, социальной организации, развития науки и культуры. Для индустриального общества характерна ориентация на высокую производительность труда, на постоянное возрастание объемов производства, потребления, накапливания знаний.

Далее оно трансформируется в «постиндустриальное общество», которое представляет собой социально-экономическую структуру, определяющуюся процессом эволюции индустриального общества, которая ориентирована уже не только на возрастание объемов, но, в существенной мере на повышение качества, на огромное разнообразие рынка товаров и услуг. Интенсификация производства в постиндустриальном обществе предъявляет высокие требования, прежде всего, к кадровым ресурсам, но-

сителям научных знаний и технического творчества, к качеству труда, к результатам деятельности людей, фиксируя внимание на творческих возможностях конкретных личностей, на человеческом факторе. В этой обстановке стоимость человеческой деятельности определяется направленностью и качеством усилий, её способности воплощения в высоком уровне добавленной стоимости производимых товаров и услуг.

Проблема квалификации, образованности, компетентности людей, занятых в науке и производстве, становится важнейшим условием функционирования постиндустриальной эпохи.

Формирующаяся постиндустриальная фаза развития промышленной цивилизации определяется уже понятием «информационное общество», характеризующееся всесторонней информатизацией деятельности всех социально-экономических структур и являющейся основой для формирования и развития инновационной экономики.

Инновационная экономика при производстве товаров и услуг основывается на существенном и масштабном использовании научных знаний. Она опирается на инновационную систему, тоесть на механизмы в экономике, которые нацелены на использование в практике достижений научно-технического прогресса, на постоянное обновление достигнутого в производстве уровня развития.

Инновационная система инициируется инновационной деятельностью, которая представляет собой процесс создания новых потребительских стоимостей, который можно представить в виде следующей логической цепочки: «новое знание - техническая, технологическая или организационная модель – новая потребительская стоимость». Таким образом, в современных развитых странах, к числу которых, безусловно, относится и Россия, инновационная деятельность базируется на создании и массовом применении в производстве новых научных знаний.

В обеспечении инновационной деятельности активно анализируются процессы, определяющиеся такими понятиями, как «человеческий капитал», «человеческий потенциал» и «человеческий фактор».

Под человеческим капиталом подразумевается уровень квалификации работников, мера воплощенной в человеке способности приносить доход, включающая в себя врожденные способности и талант, образование и приобретенную квалификацию.

Человеческий потенциал – это системная совокупность интеллектуальных и физических способностей личности в воспроизводстве знаний, в повышении профессиональной квалификации, умений и навыков, восприятия и развития культуры и этики, которые обеспечивают возможности жизнедеятельности в динамично развивающейся социально-экономической среде.

Вся совокупность этих процессов объединяется понятием «человече-

ский фактор».

Производство в индустриальной эпохе отличалось резким разделением функций исполнителей, то есть содержательного процесса одного из основных факторов производства – труда, на две группы.

Первая – это интеллектуальная элита – управленцы, менеджеры, руководители, инженеры, которые, используя свой уровень подготовки и аналитические способности, разрабатывали новые продукты и технологические процессы, изучали рынок, выбирали клиентов и работали с ними, осуществляли руководство оперативной деятельностью в производственном процессе.

Вторую группу составляли исполнители, которые были заняты непосредственно в производстве и предоставлении услуг. Эта рабочая сила являлась основным фактором производства в структурах промышленной эпохи, причем использовались в большей степени физические усилия и навыки, нежели интеллектуальные способности этих людей. Они выполняли задания под прямым руководством и контролем представителей первой группы, так называемых «белых воротничков» - инженеров и управленцев.

Во второй половине XX столетия автоматизация производства, а, следовательно, высокая производительность, привели к сокращению рабочих, непосредственно занятых на производстве. Одновременно потребности рынка увеличили спрос на людей, выполняющих аналитические функции – маркетологов, менеджеров, администраторов и т.п.

Таким образом, в современных производственных структурах создалась ситуация, когда существенно возрос фактор интеллектуального труда и, следовательно, труд всех участников производственного процесса должен быть обеспечен соответствующими кадрами, способными сочетать выполнение обязанностей инженеров, управленцев и непосредственных производственных исполнителей. Необходимое наличие таких кадров приобретает большую ценность в деятельности современной индустриальной системы и, значит, во всей инновационной экономике

В складывающихся в настоящее время условиях модернизации производства каждый сотрудник может и должен вносить вклад в процесс создания стоимости, используя свои знания и имеющуюся информацию; поскольку для промышленных компаний информационной эпохи решающими факторами при достижении успеха стали управление, инвестирование в интеллектуальный капитал своих работников и эффективное использование этих вложений.

В сегодняшней экономической и политической ситуации перед страной, её национальной экономикой, властью и бизнесом, трудом и капиталом, структурами гражданского общества стоит сложная задача на только по формированию нового экономического механизма но и созданию принципиально нового подхода к труду, производственной психологии, формированию и качеству компетенций, которые должны находится под воздей-

ствием конструктивного массового экономического сознания.

Используемые источники:

1. Гавриленко Т.Ю., Григоренко О.В. Трансформация факторов производства в инновационной экономике. – Липецк, Сборник докладов XIX-ой Международной научной конференции « Актуальные вопросы современной экономической науки», февраль 2015 г.

УДК 658.5.011

РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИЙ РЕЙТИНГОВАНИЯ СЛОЖНЫХ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Гавриленко Т.Ю., Татаурщикова Д.А., Татаурщиков С.А.,
МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

В статье рассмотрены вопросы возможности применения метода анализа иерархий Т. Саати для оценки сложных социально-экономических систем, в частности для разработки методик рейтинговых оценок инновационного развития регионов РФ.

Проблема оценки инновационной активности сегодня стоит очень остро как в научной, так и в практической плоскости. Это обусловлено тем, что все страны, стремящиеся к лидерству и построению информационного общества, в том числе и Российская Федерация, сталкиваются с проблемами измерения эффективности нововведений.

Учитывая многофакторный характер явлений и инновационных процессов, а также преимущественно их качественный характер, в настоящее время рейтингование как методика оценивания становится все более популярной. Рейтинги позволяют через количественные оценки в агрегированном виде представить качественное состояние изучаемых объектов, в том числе и сложных социально-экономических систем, которыми являются экономики регионов и их инновационные системы, в частности.

Социально-экономическая система — это целостная совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих социальных и экономических институтов и отношений по поводу распределения и потребления материальных и нематериальных ресурсов, производства, распределения, обмена и потребления товаров и услуг.

Большинство известных на сегодняшний день социально-экономических систем в своих существенных характеристиках имеют такую категорию как «сложность», которая объясняется многообразием составля-

ющих элементов системы и внешних воздействий, которые, в свою очередь, оказывают влияние на всю совокупность и на отдельные её составляющие.

Инновационная система является разновидностью сложных социально-экономических систем и методики, учитывающие специфику и особенности этих общих систем в целом могут быть применимы к инновационным. Сложность оценки процессов, происходящих в этих системах, состоит в их динамичном состоянии, а также в том, что в силу устоявшихся методов принятия управленческих решений зачастую не проводится достаточно трудоемкая оценка возможных альтернатив.

Принятие управленческих решений и их качество в рамках сложных социально-экономических систем невозможно без проведения многообразных аналитических процедур, определения возможных альтернатив; выявления факторов, ограничений и возможно большего количества критериев, по которым проводится оценка, в том числе тех, которые не подлежат количественному выражению. В рамках традиционно применяемых методов принятия решений учесть всё это не возможно.

Поэтому вполне оправданным является такой путь как использование интегральных комплексных оценок. К интегральным комплексным оценкам предъявляются многие разнообразные требования, большинству из которых наиболее полно отвечает оценка в виде рейтинга.

Сфера применения рейтинговых оценок в процессе управления социально-экономическими системами значительно широка. С помощью рейтингов можно не только оценивать настоящее или будущее состояние систем, но и отбирать различные варианты решений (альтернативы), которые обеспечивают переход систем из одного состояния в другое.

Рейтинговое управление имеет ряд преимуществ перед традиционными методами. Во-первых, появляется возможность рассмотреть и учесть многие варианты решения проблем. Во-вторых, алгоритм принятия решений становится более логичным, меньшим по времени и трудоёмкости. Также возможен учёт мнений и требований широкого круга заинтересованных лиц.

К существенным признакам рейтинговых оценок можно отнести целеполагание при формировании рейтинга и в соответствии с поставленными целями определение и учет возможно максимального количества критериев и факторов, на них влияющих. Также отличительной чертой рейтингования является использование экспертных методов в оценке, что является весьма современным подходом, эффект от применения которого усиливается при наличии четко определенной процедуры расчета рейтинговой оценки.

Однако известно, что закрытость методик формирования рейтинговых оценок подрывает доверие к ним как к базису для отбора наиболее предпочтительных решений.Проведенный анализ методик формирования рейтинговых оценок, с точки зрения их соответствия задачам, прежде все-

го рейтингового управления, показал, что наиболее приближенным к действительности и применимым в практической деятельности является метод анализа иерархий, предложенный Т. Саати.

Авторское название метода - AnalyticHierarchyProcess. В этом методе отдельная альтернатива не оценивается, а предлагается алгоритм одновременной сравнительной оценки всех альтернатив, основанный на попарном сравнении критериев разных уровней. Метод построения попарных (бинарных) отношений является более общим подходом к решению задачи выбора, чем критериальный язык функций полезности. При этом естественно предполагается, что для каждой пары критериев можно определить отношение.

Данный метод позволяет установить приоритеты между элементами системы принятия управленческих решений. Применение данного метода в зарубежной практике отлично зарекомендовало себя в ситуациях, когда отсутствуют количественные данные, а принятие решений осуществляется скорее на опыте и интуиции ответственных специалистов.

Метод сравнительно прост в использовании, поддается автоматизации, позволяет осуществлять контроль работы экспертов. В его основе лежат различные подходы, основанные на идеях целеполагания, декомпозиции, парных сравнений факторов, критериев и альтернатив по предпочтению, использовании вербальных шкал и методов свертки.

Использование описываемого метода позволяет проводить формирование рейтинга для различных целей, с учетом многих факторов и критериев, и что особенно существенно, не только тех, что имеют количественное, но и качественное выражение.

Суть метода состоит в том, что конечная цель помещается в вершине иерархии, построенной методом декомпозиции, таким образомна промежуточных уровнях отражаются наиболее существенные факторы и критерии ее достижения, а на нижнем уровне размещаются сравниваемые и подлежащие оценке альтернативы.

Принятие решений о предпочтительности той или иной альтернативы происходит путем расчета рейтинговых оценок, полученных на основе обработки суждений привлеченных экспертов относительно приоритетности целей и критериев и самих альтернатив.

Реализация метода осуществляется посредством расчета для каждого уровня иерархии частных векторов приоритетов, в основу расчета которых кладутся результаты попарной вербальной оценки экспертами элементов каждого уровня с позиций их вклада в реализацию (интенсивности взаимодействия) вышестоящего фактора, критерия. Вербальные оценки с помощью шкал переводятся в количественные оценки, которые, в свою очередь, становятся измеримыми. Обязательным этапом применения метода является проверка оценок экспертов на согласованность. В случае, если результаты не

прошли проверку, они не подлежат включению в дальнейшие расчеты.

На завершающей стадии осуществляется свертка частных векторов приоритетов в глобальный вектор приоритетов (рейтинговых оценок).

В заключении констатируем, что выбор методики построения рейтинга, в первую очередь, определятся целями, для которых формируется оценка. Не меньшее влияние на выбор методики оказывает характер и массив информационной базы, используемой для рейтинга.

В российской практике рейтинговые оценки используются пока еще не достаточно активно. Но наблюдается все большиё интерес и внимание к результатам рейтингования в самых разнообразных сферах жизни и деятельности. Освоение и разработка большего спектра методик построения рейтинговых оценок является на сегодняшний день актуальной задачей, решение которой будет содействовать повышению инновационной активности в нашей стране.

Библиографический список

1. Концепция долгосрочного социально-экономического развития на период до 2020 года. Утверждена распоряжением Правительства РФ от 17.11.2008г. № 1662-р. – Собрание законодательства РФ 24.11.2008, № 47, ст.5489.

2. Саати Т.Л., Кернс К. Аналитическое планирование. Организация систем. - М.: Радио и связь, 2007.

3. Дуканич Л.В., Тимченко А.С. Рейтинговое управление экономическими системами и процессами: концепция и некоторые результаты применения. – Журнал «TerraEconomicus»/ Выпуск №3/том 3,2005.

4. Гавриленко Т.Ю. Рейтинговые оценки и их роль во взаимодействии государства и производственных и научных организаций. – Сборник научных трудов института экономики и управления «Проблемы и перспективы развития экономики России» - М.: МИРЭА, 2014г.

УДК 658.5.011

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ИСПЫТАНИЙ НА НАДЕЖНОСТЬ В РЭС

Горобец А.И., Герасимова А.Д., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

1.Введение

В связи с тем, что испытания на надежность широко применяют на всех этапах разработки и производства РЭС, то чрезвычайную важность приобретает разработка унифицированных методов решения задач, возни-

кающих при проведении таких испытаний.

К основным преимуществам, которые могут дать разработка и широкое внедрение в практику единых инженерных методик и нормативно-методической документации к ним , охватывающих все основные вопросы испытаний на надежность можно отнести следующие:

- Отсутствие необходимости для проектировщиков и технологов РЭС в освоении специфический математических алгоритмов современных методов испытаний. Это ускоряет процесс проектно-технической разработки изделия с учетом заданного уровня качества

- Испытания будут проводиться с использованием наиболее эффективных методов, что приведет к. экономии затрат времени, средств и ресурса изделий РЭС.

- Будут обеспечены необходимые достоверность, точность и полная информационная совместимость на уровне PDM структуры изделия данных о надежности, приводимых в технической документации при условии выполнения основных требований [1] , в том числе при последующих испытаниях на подтверждения типа и т.д.

2. Оптимизация моделей проведения испытаний на надежность РЭС

Анализ методов обеспечения надежности РЭС [2] показал, что в ее обеспечении можно различить несколько ключевых этапов:

- Расчет безотказности и ремонтопригодности при проектировании с учетом технологических отклонений и допусков в различных условиях:

- при нормальных ВУ и отсутствии других дестабилизирующих воздействий;

- при длительной эксплуатации изделия;

- при кратковременных внешних воздействиях;

Проверка РЭС в данном случае должна выполняться по функциональным моделям и протоколам , классифицируемым по типу ВУ средствами моделирования воздействий и получения отклика системы на модель воздействия.

- Обеспечение минимальных рисков при эксплуатации изделия потребителем [3]. Это можно классифицировать, как программно-технические средства анализа конструкции на основе методов статистического моделирования, позволяющих исключить , так называемые ошибки первого рода, возникающие при интенсивной эксплуатации изделия на этапе проектирования и технологической подготовки производства

- Виртуальная оценка работоспособности изделия РЭС при наличии внешних воздействий в рамках технических условий . Задачей программно-методической цепочки в данном случае является проведение испытаний изделий РЭС, например средствами CAE систем , для того, чтобы например, ис-

пользуя различные методы повышения устойчивости к внешним воздействиям, добиться отсутствия отказов при подобных испытаниях. Наличие типизированной по виду изделия РЭС нормативно-технической базы обеспечения надежности должно значительно сократить время отработки на надежность и оптимизировать конструкцию и технологический процесс изделия РЭС.

- Проверка работоспособности изделия РЭС непосредственно после изготовления.

Этот метод должен быть предусмотрен технологическим процессом изготовления, его исполнения должно быть включено в производственный канал изготовления изделия с помощью IDEF3 модели проверки . Такое методическое обеспечение можно характеризовать как технологическая надежность и возможность изготовления в виде серии.

Выбор оптимальной модели построения нормативно-методической базы оценки надежности во многом зависит от классификации испытаний на надежность, которая

может быть выполнена по признакам Цели проведения (Оценочные, контрольные, исследовательские), свойству надежности РЭС (ресурс, безотказность, ремонтопригодность, сохраняемость и их совокупности), Этапу проектирования (предварительные ,доводочные, предварительные, приемочные, квалификационные),

Скорости разработки проекта (сокращенные, нормальные). Так же на выбор оптимальной модели оценки надежности оказывает влияние локальный, межведомственный или государственный уровень проведения испытаний.

Все испытания на надежность с точки зрения предлагаемого подхода оптимально выполнять в несколько стадий:

-планирование испытаний;

-получение необходимых статистических данных по параметрам надежности изделия РЭС на основе данных моделирования или с помощью непосредственных результатов испытаний с их математической обработкой;

-обработка непосредственных результатов с целью получения искомых данных или заключений.

Необходимо заметить , что каждая из этих стадий требует решения определенных задач и, соответственно, своей методики.

Поэтому при создании унифицированной нормативно-методической базы испытаний на надежность изделий РЭС необходимо учитывать обеспечить выполнение следующих основных условий:

- Установление единых количественных показателей качества (точности и достоверности) получаемых результатов. К таким показателям можно отнести точность и достоверность получаемых результатов на основе моделирования воздействий на изделия и анализа откликов.

- Использование оригинальных эффективных методов проведения испытаний для оценки каждого из используемых показателей надежности РЭС. Данные методы могут выступать как последовательность действий в виде алгоритма в зависимости от вида изделия РЭС технических условий эксплуатации.

- Использование методов планирования испытаний для обеспечения заданных требований к качеству получаемых результатов оценки надежности РЭС;

- Использование методики обработки непосредственных результатов испытаний в зависимости от вида изделия, используемой модели воздействия и выбранных для оценки показателей качества.

3. Заключение

Таким образом ,проведение испытаний изделий РЭС на надежность на основе рассмотренного выше системного подхода построения испытаний позволит оптимизировать затраты на проектирование и подготовку производства и обеспечить требуемый уровень качества изделий РЭС

Библиографический список

1. ГОСТ 27.003-90 Надежность в технике.Состав и общие правила задания требований по надежности// М.: Издательство стандартов, 1990.

2. ГОСТ Р 53480-2009 Надежность в технике. Термины и определения // М.: Издательство стандартов, 2010.

3. Международный стандарт МЭК 300-1 (1993)/ ИСО 9000-4. Часть 1. Управление программой надежности.

УДК 658.5.011

АНАЛИЗ НОРМАТИВНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА

Дудина Е.А., Богорадникова А.В., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Задача более эффективного использования ресурсов распространяется и на расходы связанны с качеством, многие ищут пути оптимизации затрат на разработку и внедрение систем менеджмента качества. Вместе с тем, отсутствуют работы, предлагающие реальные механизмы оценки подобных затрат на уровне конкретной организации, которые могут быть унифицированы, обобщены и использованы как эффективный инструмент оценки экономической эффективности затрат на разработку и внедрение

системы менеджмента качества организации. Начнем анализ проблемы эффективности системы менеджмента качества с рассмотрения требований стандартов ИСО серии 9000, которые используются как база для создания, сертификации и совершенствования системы менеджмента качества. В стандарте ИСО 9001 (требования к СМК) оценка эффективности (процессов и СМК в целом) - показатель рекомендуемый. Данный стандарт содержит только требования относительно оценки результативности (табл. 1), где результаты рассматриваются как итог выполнения процессов без учета затрат. При этом выделение и установление процессов отданы на усмотрение самой организации. Если организации не удастся грамотно установить свои процессы, то результативность их выполнения может не только не способствовать эффективности СМК, но даже приводить к непроизводительным затратам.

Таблица 1

Пункты ГОСТ Р ИСО 9001-2008, содержащие требования, касающиеся результативности

Источник	Требование
4.1. Общие требования	Организация должна разработать, задокументировать, внедрить и поддерживать в рабочем состоянии СМК, постоянно улучшать ее результативность в соответствии с требованиями стандарта
6.2. Человеческие ресурсы	Организация должна оценивать результативность принятых мер
8.2.3. Мониторинг и измерение процессов	При определении подходящих методов организация должна учитывать тип и объем мониторинга или измерений, подходящих для каждого из таких процессов, в отношении их влияния на соответствие требованиям к продукции и на результативность СМК
8.5.1. Постоянное улучшение	Организация должна постоянно повышать результативность СМК посредством использования политики и целей в области качества, результатов аудитов, анализа данных, корректирующих и предупреждающих действий, а также анализа со стороны руководства

Требование к эффективности нашли свое отражение в стандарте серии ИСО 9004, который содержит рекомендации об обеспечении эффективности СМК, но это сделано в общем виде. Поскольку стандарт ИСО 9004 не содержит конкретного регламента расчета результативности и оценки эффективности, поэтому организации следует выбрать механизм расчета данных показателей самостоятельно. С учетом этого процесс по-

стоянного совершенствования осуществляется на основе самооценки.

Тем не менее, несмотря на то, что стандарты продекларировали обязательность осуществления деятельности по определению и повышению результативности, эффективности процессов и системы менеджмента качества в целом, ее практическая реализация достаточно сложна и трудоемка.

Попытаемся исследовать понятие и существующие методы оценки эффективности. В стандарте ГОСТ ISO 9000-2011 «СМК. Основные положения и словарь» даются следующее определение: эффективность – связь между достигнутым результатом и использованными ресурсами (3.2.15). Таким образом, эффективность, в контексте оценки СМК, следует понимать как соотношение затрат на качество и экономической эффективности от него.

При методическом подходе к процедуре оценки эффективности системы менеджмента качества, можно использовать на выбор несколько способов:

1) Выбор объекта оценки эффективности (элемент, процесс, процедура или система менеджмента в целом) исходя из того, какие целевые установки у предприятия.

2) Выбор критериев оценки эффективности системы менеджмента, которые наиболее полно отвечают требованиям достаточности при проведении оценки объекта, а также целей непрерывного улучшения деятельности.

3) В соответствии с выбранными критериями, выбор методов измерения показателей эффективности работоспособности, всей системы менеджмента.

4) Определение того, можно ли достичь установленных критериев эффективности действия системы менеджмента качества, сравнивая их критерии с показателями эффективности.

5) Очень важное значение в управленческой практике современного предприятия приобретают методы экспертной оценки, эффективности функционирования системы менеджмента качества, в процессе сертификационного аудита и при процедуре самооценки.

Также эффективность СМК можно оценивать с помощью аудиторских проверок. Что позволит не только определить эффективность системы менеджмента качества и возможность ее улучшения, а также даст возможность определения степени исполнения требований, которые предъявляются к данной системе менеджмента. Предложим решение данной задачи, применив экономическую модель процесса. Рассмотрим ее на конкретном примере "Проведение внутренних аудитов системы менеджмента качества". Экономическая модель процесса может быть представлена в виде карты (рис. 1).

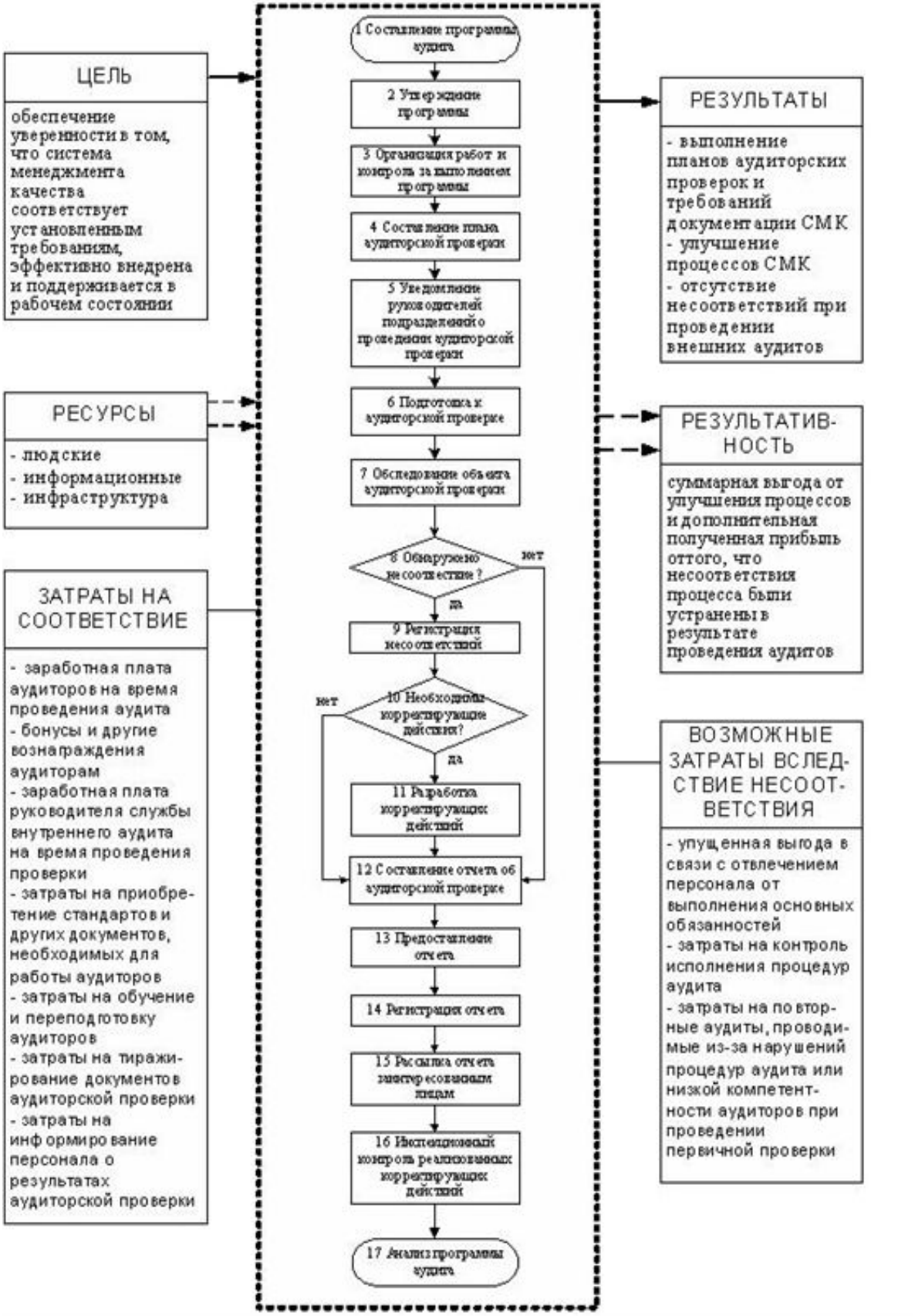


Рис.1. Экономическая модель процесса "Проведение внутренних аудитов"

Для рассматриваемого примера стоимость процесса будет складываться из заработной платы аудиторов на время проведения аудита; бонусов и других вознаграждений аудиторам; заработной платы руководителя службы внутреннего аудита (или руководителя процесса) на время проведения проверки; затрат на приобретение стандартов и других документов, необходимых для работы аудиторов; затрат на обучение и переподготовку аудиторов; затраты на тиражирование документов аудиторской проверки; затраты на информирование персонала о результатах аудиторской проверки; упущенной выгоды в связи с отвлечением персонала от выполнения основных обязанностей; затрат на контроль исполнения процедур аудита и затрат на повторные аудиты, проводимые из-за нарушений процедур аудита или низкой компетентности аудиторов при проведении первичной проверки.

Экономическим же результатом деятельности по проведению внутренних аудитов будет суммарная выгода от улучшения процессов и дополнительная полученная прибыль от того, что несоответствия процесса были устранены в результате проведения аудитов. Отношение результата к затратам и будет показателем эффективности процесса. При этом, чем больше будет значение показателя эффективности, тем лучше (эффективнее) функционирует процесс внутреннего аудита (критичное значение показателя эффективности будет 1, при эффективности меньше или равной единице процесс не эффективен).

Предложенная экономическая модель может быть создана для любого процесса в организации. Она может быть использована для идентификации и мониторинга затрат на процесс в отношении отдельных аспектов организации, таких, как подготовка персонала, анализ системы менеджмента качества или проектирование новой продукции. А также позволит разобраться с возможностью оценивания результативности и эффективности системы менеджмента качества в целом, учитывая при этом стоимость процесса и затрат на качество.

Библиографический список

1. ГОСТ Р ИСО 9000–2008. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь. - М.: Стандартинформ, 2009.

2. ГОСТ Р ИСО 9001-2008 Системы менеджмента качества. Требования. – Введ. 2009.11.13. – М.: Стандартинформ, 2008. – 26 с.

3. ГОСТ Р ИСО 9004:2009. Менеджмент с целью достижения устойчивого успеха организации. Подход с позиции менеджмента качества. М.: Стандартинформ, 2009.

4. Экономические аспекты системы менеджмента качества. Практическое пособие/составитель Л.Е. Скрипко. - СПб.: ООО "Конфлакс", 2004

5. Методика оценки результативности СМК предприятий (организаций) оборонно-промышленного комплекса. М.: СДС «Военный регистр», 2006.

УДК 658.5.011

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА РАЗРАБОТКИ НОВЫХ ОБРАЗЦОВ ТЕХНИКИ ЗА СЧЁТ ПРИМИНЕНИЯ CALS-ТЕХНОЛОГИЙ

ЗапорожкоА.В., Николаева В.А., Куртеева Ж.А.,
МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Введение

Исторически сложилось, что создавая первые системы автоматизированного проектирования (САПР) и автоматизированные системы управления (АСУ) их проектировали как автономные системы, не ориентированные на взаимодействие с другими автоматизированными (АС).

Негативные последствия несогласованности лингвистического и информационного обеспечений разных АС наиболее остро проявились при создании сложных систем, в проектировании и создании которых были задействованы несколько предприятий. Стало очевидным, что без информационного взаимодействия разных АС и их подсистем эффективность автоматизации оказывается низкой, а создание многих современных сложных технических изделий – неразрешимой проблемой.

CALS-технологии как инструмент информационной поддержки материально-технического обеспечения

CALS-технологии появились в 1980-х годах и изначально были востребованы только как инструмент информационной поддержки материально-технического обеспечения, но доказав свою эффективность, концепция CALS начала активно применяться в промышленности, строительстве, транспорте и других отраслях экономики, расширяясь и охватывая все этапы жизненного цикла (ЖЦ) продукта. В настоящее время термин CALS (ContinuousAcquisitionandLifecycleSupport) означает совокупность принципов и технологий информационной поддержки жизненного цикла продукции на всех его стадиях.

Сегодня CALS-технологии — это одно из важнейших средств повышения эффективности промышленного сектора экономики России за счёт интеграции промышленных автоматизированных систем в единую мно-

гофункциональную систему, с целью повышения качества и конкурентоспособности наукоемкой продукции, и сложных технических систем.

Применение CALS-технологий

Применение CALS-технологий позволяет существенно сократить объёмы проектных работ, так как многочисленные описания многих составных частей оборудования, машин и систем, проектировавшихся ранее, хранятся в унифицированных форматах данных сетевых серверов, доступных любому пользователю технологий CALS. Существенно облегчается решение проблем связанных с ремонтопригодностью, интеграцией продукции в незнакомые, новые системы и среды, адаптацией к меняющимся условиям эксплуатации и т.д. Очевидно, что успех на рынке сложной технической продукции будет немыслим без применения технологий CALS.

Работа по созданию национальных CALS-стандартов в России проводится под эгидой Росстандарта. С этой целью был создан технический комитет ТК459 «Информационная поддержка жизненного цикла изделий», силами которого разработан ряд стандартов серии ГОСТ Р ИСО 10303, являющихся аутентичными переводами соответствующих международных стандартов.

Программы и направления подготовки кадров в CALS-технологиях

Так как CALS-технологии являются многоуровневой системой, предполагается наличие высококвалифицированных кадров в области информационных технологий. Существует специализированная программа подготовки кадров в данной области. Учитывая относительную новизну и специфику обсуждаемых в настоящей Концепции проблем, целесообразно разработать отраслевые и региональные программы и организовать работу по подготовке специалистов по следующим основным направлениям:

1. Подготовка специалистов в технических вузах по направлению «Компьютерные системы поддержки жизненного цикла промышленных изделий»;

2. Переподготовка уже имеющих первое высшее образование специалистов по системе повышения квалификации по нескольким магистерским направлениям обучения:

- функциональное и информационное моделирование,

анализ и реинжиниринг бизнес-процессов;

- управление данными об изделиях, управление конфигурацией сложных изделий;

- основы безбумажного документооборота в промышленности;

- интегрированные информационные системы поддержки жизненного цикла в промышленности;

- интегрированная логистическая поддержка поспроизводственных стадий жизненного цикла; создание и применение интерактивных электронных технических руководств;

- информационное обеспечение и поддержка систем управления качеством.

3. Повышение квалификации высшего управленческого звена, руководителей и директоров по таким направлениям как:

- интегрированные информационные системы поддержки жизненного цикла в промышленности и роль руководителя предприятия в их разработке и внедрении;

- современные компьютеризированные системы управления качеством и роль руководителя предприятия в их разработке и внедрении.

Приведенный выше перечень направлений подготовки и переподготовки

специалистов дает лишь общее представление и подлежит уточнению и доработке под конкретные предприятия с учетом специфики их работы.

Построение открытых распределённых автоматизированных систем для проектирования и управления в современных CALS-технологиях

Построение открытых распределённых автоматизированных систем для проектирования и управления в промышленности составляет основу современных CALS-технологий. Главная проблема их построения — обеспечение единообразного описания и интерпретации данных, независимо от места и времени их получения в общей системе.

Разработка новых образцов техники представляет собой сложный процесс, состоящий из множества этапов, формирующих единую концептуальную модель объекта, технического задания и исходных данных для проектирования, изготовления опытных образцов и различных испытаний.

Опытно-конструкторская разработка (ОКР) завершается передачей образца техники в серийное производство, а предшествует ей большой объем научно-исследовательских работ, завершающихся в случае успеха разработкой проекта технического задания на ОКР.

Опытно-конструкторская разработка включает в себя подготовительную стадию: формирование концептуальной модели, составление технического задания на ОКР и разработку технических предложений. Весь процесс разработки можно представить в виде схемы (рис. 1).

Чтобы достичь должного уровня взаимодействия требуется создание единого информационного пространства, сопровождающего весь процесс разработки изделия. Единое информационное пространство обеспечивается благодаря унификации, как формы, так и содержания информации о конкретных изделиях на различных этапах жизненного цикла каждого из них.

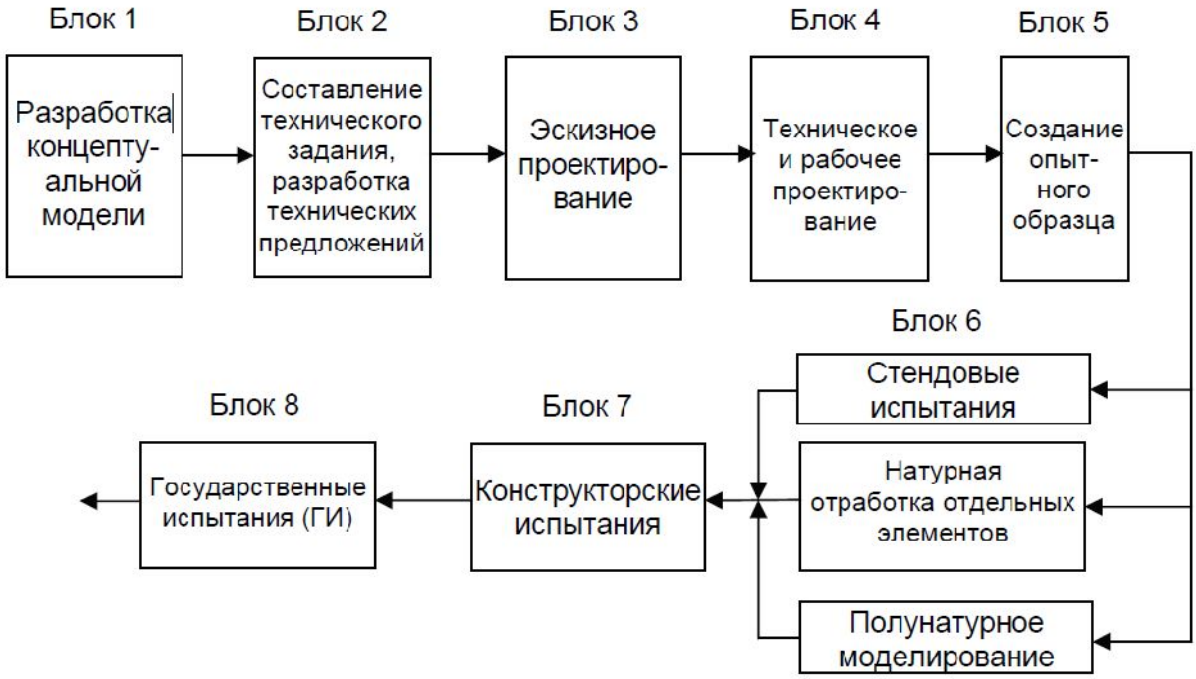


Рис. 1. Структурная схема процесса разработки изделия

CALS-технологии созданы как программное средство, при помощи которого интегрируются промышленные автоматизированные системы в единую многофункциональную систему. Целью интеграции автоматизированных систем проектирования и управления является создание единого информационного пространства и как следствие повышение эффективности создания и использования сложной техники и наукоёмкой продукции.

Применение современных CALS-технологий

Грамотное применение современных CALS-технологий даст эффект на следующих направлениях:

1. Заметно повышается качество изделий за счет более полного учета имеющейся информации при проектировании и принятии управленческих решений. Достигается это благодаря тому, что лицо, принимающее решение и соответствующие программы АСУП имеют оперативный доступ не

только к базе данных АСУП, но и к базам данных других автоматизированных систем (САПР, АСТПП и АСУТП). Аналогичным образом будут функционировать и другие системы, которые должны восприниматься правильно интерпретировать данные, поступающие от под систем автоматизированного конструирования.

2. Создание единого информационного пространства за счёт унификации формы и содержания информации о конкретных изделиях на различных этапах их жизненного цикла. Сокращаются материальные и временные затраты на проектирование и изготовление продукции. Применение современных CALS-технологий позволяет существенно сократить объёмы проектных работ, поскольку все записи о ранее выполненных разработках компонентов и устройств, составных частях оборудования и систем, проектировавшихся ранее, хранятся в базах данных сетевых серверов, доступных любому пользователю CALS-технологии. Появляются более широкие информационные возможности, вплоть до создания виртуальных предприятий, что также способствует снижению затрат.

3. Существенно снижаются затраты на эксплуатацию за счёт реализации функций интегрированной логистической поддержки (ИЛП), а именно организационной поддержки пост производственных стадий жизненного цикла наукоемких изделий, таких как закупка и поставка изделий, ввод их в действие, эксплуатация, сервисное обслуживание и ремонт, поставка запасных частей и т.д. Это существенно облегчает решение проблем связанных с ремонтопригодностью, с интеграцией продукции в другие системы и среды, а так же адаптации к меняющимся условиям эксплуатации.

4. Создание полноценной сопроводительной электронной документации к готовой продукции, что критически важно, поскольку продать на внешнем рынке машино-техническую и наукоемкой продукцию без соответствующей международным стандартам безбумажной электронной документации сегодня практически невозможно.

Заключение

Подводя итоги, можно сделать следующие выводы:

Во-первых, успех от внедрения программ CALS -технологий и от реализации планов в организациях и на промышленных предприятиях напрямую зависит от наличия достаточного количества высококвалифицированных специалистов, подготовленных в области информационных технологий, автоматизированных систем управления и прочих высокотехнологичных наук.

Во-вторых, применение современных CALS-технологий позволит

повысить эффективность бизнес-процессов, выполняемых в течение жизненного цикла продукта, что даст сокращение затрат за счёт перехода на электронный документооборот**.** Повысится привлекательность и конкурентоспособность изделий благодаря реализации функции интегрированной логистической поддержки (ИЛП). Применение CALS-технологий расширит область деятельности за счет создания кооперации с другими предприятиями, что в свою очередь открывает доступ к новым рынкам сбыта.

Библиографический список

1. Электронный ресурс [https://ru.wikipedia.org/wiki/CALS-технологии].

2. Электронный ресурс [http://www.osp.ru/cio/2001/02/171129/].

3. Электронный ресурс [http://cals.ru/sites/default/files/downloads/mdocs/concept_ipi.pdf].

4. Электронный ресурс [http://studopedia.net/10_77790_CALS-tehnologii.html].

5. Электронный ресурс [http://www.emb.ustu.ru/kurs/ispu/download/1/gud.htm].

6. Электронный ресурс [http://www.pcweek.ru/themes/detail.php?ID=49340].

7. Электронный ресурс [http://bibliofond.ru/view.aspx?id=447356].

УДК 621.315.592.9

СПЕЦИФИКА РАЗРАБОТКИ МЕТОДОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГАРАНТИРОВАННОЙ НАДЁЖНОСТИ И РАДИАЦИОННОЙ СТОЙКОСТИ БЕСКОРПУСНЫХ МИКРОСХЕМ

Ерошкин А.Л. Попо Р.А. МГТУ МИРЭА, Москва, Россия
Машевич П.Р. ОАО «Ангстрем», Москва, Россия

В работе рассмотрены применяемые в мировой практике методы обеспечения гарантированной надёжности и радиационной стойкости для каждой поставляемой микросхемы в вариантах корпусных и бескорпусных поставок. Показана необходимость разработки специальной оснастки и методик, что приводит к необходимости специальной подготовки производства. Анализируются собственные разработки на предприятии ОАО «Ангстрем».

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 усло-

виях 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) [1]. 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 [2]. 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%-ного выхода годных микросхем, это связано с тем, что все изготавливаемые в настоящее время подложки для роста микросхем содержат пусть 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. 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 не сертифицированных 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 [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 информативных параметров и критериев работоспособности (годности) изделий, методик и технических средств испытаний;

– режимов (электрических и функциональных) работы изделия в процессе испытаний);

– условий испытаний (климатических, сопутствующих) [4].

В нашей стране принят комплекс государственных военных 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, мы не можем гарантировать параметры по надёжности и радиационной стойкости для каждого поставляемого кристалла. Реализация технологии производства и поставки потребителю кристаллов с гарантированной надёжностью и радиационной стойкостью (РС) является сложной технической задачей, и способы достижения могут быть разные.

1. Изделие относится к универсальным интегральным схемам (ИС), большая часть которых поставляется потребителям как обычное 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.

– научная база – комплекс научных знаний, моделей и программных средств моделирования радиационных эффектов и доминирующих механизмов отказов изделий микроэлектроники с учетом радиационных воздействий, в том числе с предельными уровнями.

– нормативная база – комплекс основополагающих нормативно-методических и директивных документов по заданию технических требо-

ваний РС, методам прогнозирования и оценки соответствия ЭКБ требованиям РС, методам их радиационных испытаний.

– экспериментальная база – комплекс научно обоснованных, разработанных и внедренных высокоэффективных методов радиационных испытаний ЭКБ, функционально полного ряда моделирующих и имитирующих испытательных установок, методик метрологической аттестации и дозиметрического обеспечения испытаний, методик и технических средств контроля работоспособности и диагностики отказов ЭКБ в ходе испытаний, обеспечивающих контроль информативных параметров (точностных, динамических, шумовых, др.), ранее не контролируемых.

– проектно-производственная база – комплекс конструктивно технологических и схемно-топологических методов и решений, контрольных технологических операций, обеспечивающих заданный уровень РС изделий на этапах разработки и его гарантированную стабильность в процессе производства и эксплуатации в аппаратуре.

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 [4].

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» [5].

Для производства кристаллов под поставку KGD вводятся дополнительные стандарты с более жесткими нормами на параметры, дополняются методами обеспечения гарантированной надёжности и радиационной стойкости для каждой поставляемой микросхемы, дорабатывается маршрут поставки. Методы обеспечения гарантированной надёжности 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» объём элемента ИС тяжёлой 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 раза и 7 раз. Применение методов системной надёжности приводит к тому, что ИС может отказать, а система будет продолжать работать [6]. Методы, основанные на контроле работоспособности и резервировании отдельных элементов в самом кристалле. Производится контроль статических и динамических параметров в крайних диапазонах температур от –60° до +125°С.

Второе направление затрагивает практически все этапы создания кристалла от стадии формирования технического задания на разработку до изготовления, тестирования и поставку изделия потребителю.

ОАО «Ангстрем» вопросам обеспечения бескорпусного кристалла с гарантированной надёжностью 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 [7].

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 надёжный кон-

такт 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.[2]. 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 ОАО «Российские космические системы» заинтересовано в производстве кристаллов по технология 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.

Заключение

В данной статье рассмотрены методы обеспечения гарантированной надёжности и радиационной стойкости каждой поставляемой микросхемы в корпусах и бескорпусных кристаллов. Показана возможность производства микросхем по технологии KGD на предприятие ОАО «Ангстрем»

Библиографический список

1. 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.

2. 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.

3. Попович А. Топологическая норма и радиационная стойкость // Компоненты и технологии. – 2010. – №9. – с.100–103.

4. Никифоров А. Ю., Телец В. А. Радиационная стойкость электрон-

ной компонентной базы систем специальной техники и связи // Спецтехника и связь. – 2011. – № 4 – 5. – с.2– 3.

5. Басаев А. С., Гришин Ю. В. Космическое приборостроение: главное – правильная концепция // Электроника: Наука. Технология. Бизнес. – 2009. – №8. – с. 4–10.

6. Попов В. Д. Проблемы и возможности применения коммерческих интегральных схем в военной и космической технике // Инженерная микроэлектроника. – 1999. – № 5. с. 28 –32.

7. Медведев А. Электронные компоненты и монтажные подложки. Постоянная интеграция. // Электронные компоненты – 2006. – № 12. – с. 95–106.

УДК 006.02

ТРЕБОВАНИЯ СТАНДАРТОВ К СИСТЕМЕ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ АВИАЦИОННОЙ, КОСМИЧЕСКОЙ И ОБОРОННОЙ ТЕХНИКИ

Кохтина М.В., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Введение

Система менеджмента качества стала одной из главных в деятельности промышленных предприятий, разрабатывающих и выпускающих радиоэлектронные средства (РЭС) для авиационной, космической и оборонной техники (для АКО – техники). Одни из требований к системе менеджмента качества определены в РД В 319.015-2006 «Руководящий документ. Система добровольной сертификации радиоэлектронной аппаратуры, электрорадиоизделий и материалов военного назначения «Военэлектронсерт». Изделия электронной техники, квантовой электроники и электротехнические военного назначения. Требования к системе менеджмента качества».

1. Анализ Руководящего документа РД В 319.015-2006

РД В 319.015-2006 «распространяется на системы менеджмента качества (СМК) организаций, осуществляющих исследования, разработку, производство, поставку, реставрацию и утилизацию изделий электронной техники, квантовой электроники…»[1]. Руководящий документ РД В 319.015-2006 «устанавливает требования к структуре и содержанию СМК

на всех стадиях жизненного цикла комплектующих изделий, направленные на обеспечение соответствия комплектующих изделий требованиям ТТЗ (ТЗ) заказчика, ТУ, ОТУ и условиям контракта» [1], так же документ содержит требования ГОСТ ISO 9001.

РД В 319.015-2006 разработан совместно с ГОСТ РВ 15.002-2003 с учетом требований ГОСТ РВ 20.57.412-97, ГОСТ Р ИСО 9001, а также требует выполнения целого ряда дополнительных стандартов. В РД В 319.015-2006 приведены требования к элементам СМК, в которых дополнительно к ГОСТ ISO 9001 предписывается необходимость определения уполномоченных должностных лиц (службы) несущих ответственность за утверждение и выпуск документации (п. 4.2.3.4). При этом нормативная, конструкторская, технологическая документация должна соответствовать требованиям ГСИ, ГСС, ЕСКД, ЕСТД, пройти метрологическую экспертизу и нормоконтроль (п. 4.2.3.5). Согласно требованиям РД В 319.015-2006 в СМК организации так же должен быть разработан порядок внесения изменений в ТТЗ (ТЗ), конструкторскую и технологическую документацию в соответствии с ГОСТ РВ 15.105, ГОСТ РВ 15.201, ГОСТ РВ 15.205, ГОСТ 2.503, ГОСТ РВ 2.902.

В пункте 4.3.1 установлены специальные требования в области обеспечения информационной безопасности. Организации должны документально оформлять порядок выполнения работ по защите информации с учетом требований ГОСТ РВ 50859, ГОСТ РВ 50934.

Обращает на себя внимание пункт 5.1.2, согласно которому высшее руководство должно обеспечить выполнение функций головного исполнителя работ в соответствии с требованиями ГОСТ РВ 15.105, ГОСТ РВ 15.108, ГОСТ РВ 15.203, ГОСТ РВ 15.205, ГОСТ РВ 15.301, ГОСТ РВ 15.307.

Дополнительно регламентировано в п. 5.2.1: «В документированной процедуре анализа контрактов (договоров) должно быть установлено:

– организация рассмотрения и согласования проектов ТТЗ (ТЗ) и контрактов (договоров, соглашений) на выполнение работ (услуг);

– организация разработки, рассмотрения, согласования и утверждения контрактов (договоров, соглашений) с соисполнителями (поставщиками) и внесение изменений в ТЗ и контракт в установленном порядке;

– анализ проектов контрактов (договоров, соглашений) на поставку изделий по оборонному заказу» [1].

Этот порядок должен соответствовать требованиям ГОСТ РВ 15.101, ГОСТ В 15.102, ГОСТ РВ 15.201, ГОСТ РВ 15.205.

В руководящий документ РД В 319.015-2006 включено более 50 дополнительных требований, где среди них есть требования, для реализации

которых нет необходимости разрабатывать нормативные документы и есть требования, где для реализации необходимо разработать дополнительные документы СМК (порядки, процедуры).

1.1. Перечень документированных процедур

Согласно требованиям РД В 319.015-2006 документация системы менеджмента качества должна включать:

1. Политика в области качества (п. 4.2.1);
2. Цели в области качества (п. 4.2.1);
3. Руководство по качеству (п. 4.2.2);

Также, согласно требованиям РД В 319.015-2006, в СМК предприятия должны быть следующие документированные процедуры:

4. Анализ контрактов (п. 5.2.1);
5. Обеспечение ресурсами (п. 6.1.1);
6. Маркетинговая деятельность (п. 7.2.1.2);
7. Анализ контрактов с заказчиками (п. 7.2.2.2);
8. Контроль и анализ выполнения контрактов (п. 7.2.3.1);
9. Управление собственностью (п. 7.5.4.1);
10. Процесс обращения к готовым изделиям (п. 7.5.5.1);
11. Порядок выбора средств измерений, контрольного и испытательного оборудования (п. 7.6.5);
12. Метрологическое обеспечение разработки, производства, испытаний изделий (п. 7.6.12)

При этом остается и требование иметь шесть обязательных, согласно ГОСТ ISO 9001-2011 , документированных процедур:

13. Управление документацией (п.4.2.3);
14. Управление записями (п. 4.2.4);
15. Корректирующие действия (п.8.5.2);
16. Предупреждающие действия (п.8.5.3);
17. Управление несоответствующей продукцией (п.8.3);
18. Внутренние аудиты (п. 8.2.2).

1.2. Структура требований стандартов к СМК при производстве РЭС для АКО-техники

Для обеспечения выполнения и достижения наилучшего качества любого государственного оборонного заказа при производстве РЭС для АКО-техники необходимо выполнять требования ГОСТ РВ 0015-002, РД В 319.015, требования стандарта ISO 9001, а также требования стандартов серии AS 9100 (см. схема 1 – Структура требований стандартов к СМК при производстве РЭС для АКО-техники).

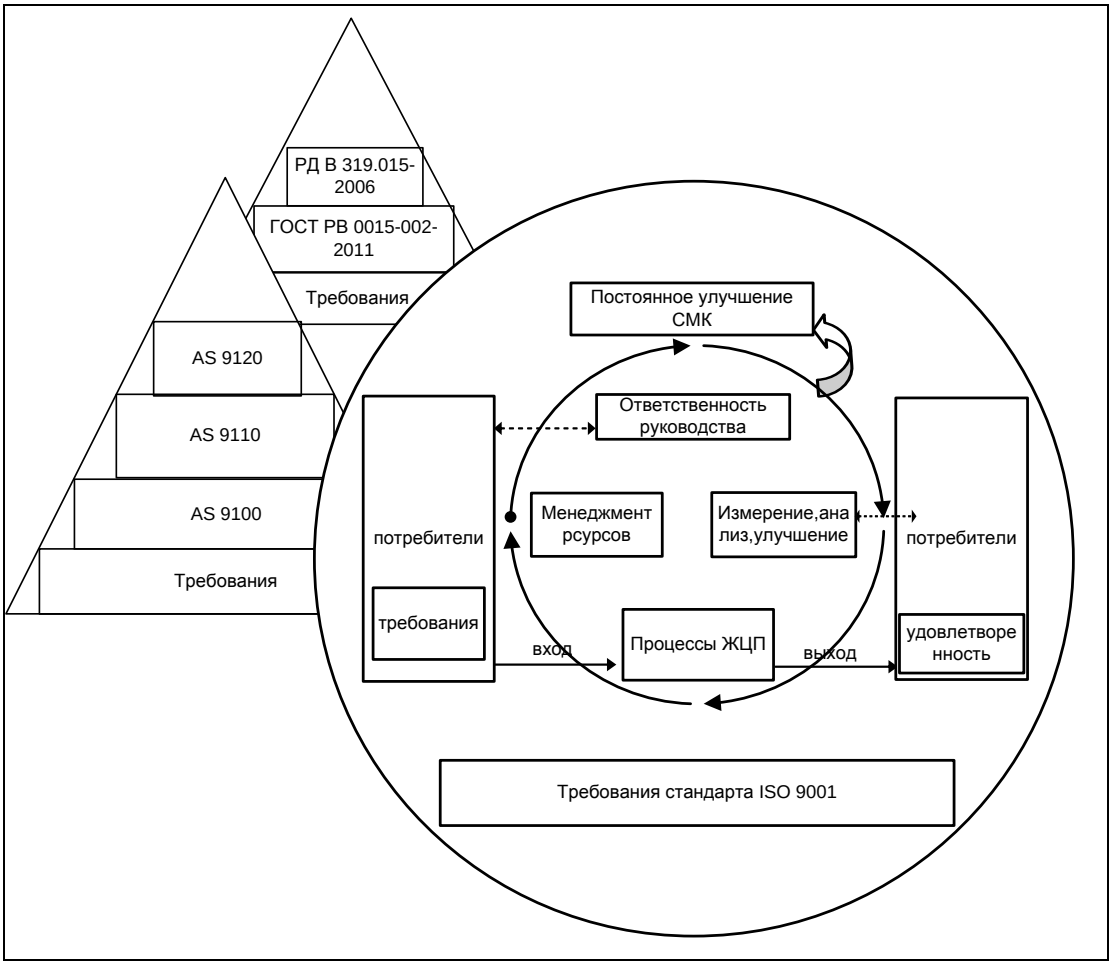


Рис. 1 – Структура требований стандартов к СМК при производстве РЭС для АКО-техники

Руководящий документ РД В 319.015 не полностью адаптирован со стандартами ISO 9001 и ГОСТ РВ 0015-002 к сегодняшним условиям. Ввиду того, что данные стандарты относительно недавно перерабатывались и имеют ряд значительных изменений, которые влияют на управление качеством РЭС для АКО-техники в целом, а РД В 319.015 не перерабатывался 8 лет.

1.3. Три аспекта менеджмента влияющие на качество РЭС для АКО-техники

При сравнительном анализе всех стандартов можно выделить основные аспекты менеджмента, которые напрямую влияют на управление качеством продукции РЭС для АКО-техники:

Проектный менеджмент – это (от англ. *project management*) – часть системы менеджмента, где создание продукта или услуги реализуется как комплекс взаимосвязанных мероприятий при определенных требо-

ваниях, касающихся сроков, бюджета и характеристик ожидаемого результата. Методология проектный менеджмент отражен в стандарте ISO 10006 «Системы менеджмента качества. Руководящие указания по управлению качеством в проектах».

Управление рисками – это (от англ. *risk management*) — процесс принятия и выполнения управленческих решений, направленных на снижение вероятности возникновения неблагоприятного результата и минимизацию возможных потерь, вызванных его реализацией. Международный стандарт ГОСТ ISO 9001-2011 требует – «организация должна планировать и применять процессы мониторинга, измерения, анализа и улучшения…; указанная деятельность должна включать в себя определение применимых методов, в том числе статистических» [4]. Это включает и определение факторов риска, которые могут повлиять на результат процесса, а также выявление показателей, в наибольшей степени характеризующих данные факторы. Для проведения анализа влияния различных факторов и показателей на результат процесса могут быть применены следующие методы менеджмента качества [2]:

- ✓ причинно-следственная диаграмма;
- ✓ диаграмма Парето;
- ✓ диаграмма разброса;
- ✓ FMEA (анализ причин и последствий отказов);
- ✓ анализ возможностей процесса (статистическое управление процессами (SPC));
- ✓ регрессионный анализ.

Основные положения управления рисками отражены в международном стандарте ISO 31000 «Риск Менеджмент. Принципы и руководства».

Управление конфигурацией (от англ. *Configuration management*) – это скоординированные действия, направленные на формирование и контроль конфигурации [3]. В соответствии с международным стандартом ISO 10007 «Менеджмент организации. Руководящие указания по управлению конфигурации» технология управления конфигурацией состоит из следующих операций (процедур): идентификация конфигурации; контроль конфигурации; учет статуса конфигурации; аудит конфигурации.

Заключение

Поэтому в настоящее время одной из приоритетных задач в обеспечение качества РЭС для АКО-техники является создание и внедрение системы обеспечения высокого и стабильного качества, учитывающие основные требования стандартов ISO 9001, AS 9100/9110/9120, а также

ГОСТ РВ 0015-002 и РД В 319.015, которые напрямую влияют на качество продукции РЭС для АКО-техники на всех этапах жизненного цикла продукции. Для создания системы обеспечения качества необходимо привести нормативно-правовую базу стандартизации в соответствие с современными экономическими отношениями в стране, актуализировать фонд нормативных документов по стандартизации и его гармонизация с зарубежными стандартами.

Библиографический список

1. РД В 319.015-2006 «Руководящий документ. Система добровольной сертификации радиоэлектронной аппаратуры, электрорадиоизделий и материалов военного назначения «Военэлектронсерт». Изделия электронной техники, квантовой электроники и электротехнические военного назначения. Требования к системе менеджмента качества»;

2. Солоникова Т.Г. Управление рисками в системе менеджмента качества организации: теоретические аспекты интеграции и внедрение на основе международных стандартов [электронный ресурс] - http://sisupr.mrsu.ru/2013-3/PDF/solonikova_t_g_statya.pdf;

3. ГОСТ Р ИСО 10007 - 2007 «Менеджмент организации. Руководящие указания по управлению конфигурации».

4. ГОСТ ISO 9001-2011 «Системы менеджмента качества. Требования»

УДК 006.02

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ АВИАЦИОННОЙ, КОСМИЧЕСКОЙ И ОБОРОННОЙ ТЕХНИКИ

Кохтина М.В., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Введение

Одним из важнейших направлений обеспечения стабильного качества электронных средств для авиационной радиоэлектронной аппаратуры является комплексный подход к управлению качеством на основе внедрения современных систем менеджмента качества, включающих совершенствование управления знаниями, проектами, процессами, ресурсами и изменениями.

Задача повышения качества электронных средств для авиационной

радиоэлектронной аппаратуры одна из приоритетных на сегодняшней день. Обеспечение результативности и эффективности управления этим процессом напрямую связано с выбранным подходом к управлению. В соответствие с принципами менеджмента качества, отраженными в международных стандартах, наиболее действенной формой управления каким-либо объектом, является сочетание системного и процессного подходов.

1. Анализ стандартов систем управления качеством РЭС для АКО-техники

Система управления качеством радиоэлектронных средств (РЭС) для авиационной, космической и оборонной техники (АКО-техники) основывается на следующих стандартах: ГОСТ ISO 9001– 2011; ГОСТ Р ЕН 9100 – 2011; ГОСТ РВ 0015 – 002 – 2012.

ГОСТ ISO 9001– 2011 «Системы менеджмента качества. Требования» - устанавливает требования к системе менеджмента качества, которые могут использоваться для применения организациями, в целях сертификации или заключения контрактов [1].

ГОСТ Р ЕН 9100 – 2011 «…включает в себя требования к системе менеджмента качества стандарта ИСО 9001:2008 и дополнительные требования, определения и примечания, специфические для авиационной, космической и оборонной промышленности… требования, установленные в настоящем стандарте, являются дополнительными (не альтернативными) по отношению к контрактным и действующим законодательным и другим обязательным требованиям. В случае противоречия между требованиями настоящего стандарта и действующими законодательными и другими обязательными требованиями, последние имеют приоритет» [2].

ГОСТ РВ 0015–002–2012 «…содержит требования ГОСТ Р ИСО 9001 и дополнения к ним, отражающие специфику обеспечения качества на всех стадиях жизненного цикла военной продукции в соответствии с действующими государственными военными стандартами» [3].

Значимость данных стандартов заключается в роли, которую они должны играть в обеспечении качества финальной продукции и комплектующих изделиях в авиационной промышленности.

При комплексном подходе к обеспечению качества стандарт ГОСТ ISO 9001 является базовым, а ГОСТ Р ЕН 9100 – 2011 и ГОСТ РВ 0015–002– 2012 – его дополняющими и развивающими, так как содержит требования ГОСТ Р ИСО 9001. Сравнивая стандарты можно сказать, что они различаются по объему, характеру, содержанию дополнений, количеству требований к СМК (см. таблица 1).

ГОСТ Р ЕН 9100 и ГОСТ ISO 9001 — это стандарты, которые не требует обращения к другим документам, так как нормативные ссылки

включают только два стандарта: ИСО 9000:2005 «Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь» и ИСО 9001:2008 «Системы менеджмента качества. Требования». ГОСТ РВ 0015-002 — требует выполнения целого ряда дополнительных пунктов. В разделе 2 «Нормативные ссылки» содержит 59 стандартов.

Таблица 1

Характер дополнений и число требований к СМК

Стандарты	Характер дополнений	Число требований к СМК
ГОСТ РВ 0015-002-2012	«Настоящий стандарт содержит требования ГОСТ Р ИСО 9001 и дополнения к ним, отражающие специфику обеспечения качества на всех стадиях жизненного цикла военной продукции в соответствии с действующими государственными военными стандартами».	167
ГОСТ Р ЕН 9100 - 2011	«Настоящий стандарт включает в себя требования к системе менеджмента качества стандарта ИСО 9001:2008 и дополнительные требования, определения и примечания, специфические для авиационной, космической и оборонной промышленности… требования, установленные в настоящем стандарте, являются дополнительными (не альтернативными) по отношению к контрактным и действующим законодательным и другим обязательным требованиям. В случае противоречия между требованиями настоящего стандарта и действующими законодательными и другими обязательными требованиями, последние имеют приоритет».	61
ГОСТ ISO 9001 - 2011	«Требования к системе менеджмента качества, установленные настоящим стандартом, являются дополняющими по отношению к требованиям к продукции. Информация, обозначенная как «Примечание», носит характер методических указаний для понимания или разъяснения соответствующего требования»	51

Таблица 2

Сравнения стандартов по количеству регламентированных процедур, порядков и записей

Стандарты	Процедура	Порядок	Записи
ГОСТ РВ 0015-002-2012	21	38	49
ГОСТ Р ЕН 9100 - 2011	10	-	23
ГОСТ ISO 9001 - 2008	6	-	20

Таблица 3

Перечень основных документов по стандарту ГОСТ Р ЕН 9100 и ГОСТ РВ 0015-002

ГОСТ Р ЕН 9100	ГОСТ РВ 0015-002
➢ Политика в области качества ➢ Цели в области качества ➢ Руководство по качеству	
Шесть обязательных документированных процедур по ИСО 9001	
➢ Управление документами ➢ Управление записями ➢ Корректирующие действия ➢ Предупреждающие действия ➢ Управление несоответствующей продукцией ➢ Внутренние аудиты	
➢ Управление рисками	
➢ Управление конфигурацией	
➢ Управление передачей работ	
➢ Отзыв оборудования для мониторинга и измерений требующих калибровки или проверки	
	➢ Анализ контрактов
	➢ Управление собственностью
	➢ Управление устройствами для мониторинга измерений

Сравниваемые стандарты имеют сильные различия как по количеству регламентированных процедур, порядков и записей так и по количеству документированных процедур (см. таблица 2,3). С одной стороны это указывает на то, что стандарт ГОСТ РВ 0015-002 содержит более жесткие требования, но с другой стороны стандарт имеет и отдельные недостатки, связанные с эффективностью и результативностью СМК из-за отсутствия следующих аспектов менеджмента, которые отражены в ГОСТ Р ЕН 9100:

- Управление проектами (п. 7.1.1);

- Управление рисками (п. 7.1.2);
- Управление конфигурацией (п. 7.1.3);
- Управление передачей работ (п. 7.1.4);
- Контроль первого изделия (7.5.1.1).

1.1. Пять аспектов менеджмента по стандарту ГОСТ Р ЕН 9100

В пункте 7.1.1 «Управление проектом» – установлено, что «Организация должна структурировать планирование и производство продукции и управлять ими таким образом, чтобы обеспечить приемлемые риски, в рамках имеющихся ограничений ресурсов и временного графика» [2]. Большинство авиационной, космической и оборонной продукции является сложной продукцией конструктивно и технологически, в еѐ создание вовлечены множество партнеров различных уровней и поставщиков. Этот пункт стандарта концентрирует усилия разработчиков и изготовителей на предварительном планировании и управлении проектными планами в течение реализации продукта.

В пункте 7.1.2 «Управление рисками» – установлено, что «Организация должна разработать, внедрить и поддержать в рабочем состоянии процесс управления рисками, с целью выполнения требований. Насколько это приемлемо для организации и продукции…» [2]. Управление рисками помещен в пункт 7.1.2 для обеспечения дополнительного внимания на риски, связанные с процессом производства продукции.

Пункт 7.1.3 «Управление конфигурацией» – установлено, что «Организация должна разработать, внедрить и поддерживать в рабочем состоянии процесс управления конфигурации, который применительно к продукции» [2]. Данный пункт фокусирует внимание на управлении конфигурацией продукции и на том, как это поддерживается в процессе создания продукта на всех уровнях (в том числе и по системе поставок).

Пункт 7.1.4 «Управление передачей работ» – установлено, что «Организация должна разработать, реализовать и поддерживать процесс планирования и управления временным или постоянным переносом работ (например, из одной организации (учреждения) в другую, от организации к поставщику, от одного поставщика к другому), а также процесс верификации соответствия работ требованиям» [2]. Передача работы может произойти в любое время во время реализации продукта.

Пункт 7.5.1.1 «Контроль первого изделия» - установлено, что требование проверки процессов производства, документации и инструментов способствует к производству частей и сборок, которые отвечают требованиям. Этот процесс должен быть повторен, когда произойдут изменения, которые лишают законной силы оригинальные результаты (например, изменения в разработке или изменения производственных процессов, инструментов).

Данные аспекты менеджмента отражены в стандарте AS 9100 (ГОСТ Р ЕН 9100 – 2011). Это говорит о необходимости учета требований и рекомендаций стандарта AS 9100 при разработке системы обеспечения качества РЭС для АКО-техники.

Заключение

На сегодняшней день во многих отраслях промышленности давно внедрена и в настоящее время функционирует система разработки и постановки продукции на производство (СРПП), соответствующая национальным стандартам РФ. В связи с этим на предприятиях изготавливающие РЭС для АКО-техники возникают трудности при внедрении требований международных стандартов. Главная проблема заключается в том, что специалистам приходится дублировать уже существующие на предприятиях процессы/процедуры/записи, что приводит к дополнительным затратам.

Для решения данной проблемы целесообразно разработать модель системы обеспечения качества РЭС для АКО-техники на основе синергии методов.

Библиографический список

1. ГОСТ ISO 9001-2011 «Системы менеджмента качества. Требования»;

2. ГОСТ Р ЕН 9100-2011 «Системы менеджмента качества организаций авиационной, космической и оборонных отраслей промышленности. Требования»;

3. ГОСТ РВ 0015-002-2012 «Система разработки и постановки на производство военной техники. Системы менеджмента качества. Общие требования».

УДК 658.5.011

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ СМК

Колбатова А.Г., Тихонов М.С., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Введение

С каждым годом усиливается конкуренция на мировом и национальных рынках, вынуждая предприятия искать дополнительные способы не только укрепления своих позиций, но и повышения конкурентоспособности. Ключевым фактором, помогающим предприятиям справляться с этой задачей, является качество производимых товаров и услуг.

Системы менеджмента качества (СМК) помогают предприятиям в увеличении показателя удовлетворенность потребителей, а также становятся социально необходимыми.

Положения, содержащиеся в международных стандартах ИСО серии 9000, позволяют разработать и ввести СМК в организацию. Положенные в основу стандартов ИСО 9000 принципы «непрерывное улучшение» и «принятие решений, основанных на фактах» побуждают к использованию количественной оценки деятельности организаций в области качества. К успеху приведет внедрение и поддержание в рабочем состоянии СМК, обеспечивающей постоянное улучшение деятельности и учет потребностей всех заинтересованных сторон. Тем не менее в стандартах не определены конкретные методики расчета оценки результативности и эффективности системы менеджмента качества. Поэтому проблемы объективной оценки и дальнейшего анализа СМК становятся задачами не только теоретической, но и практической значимости [3].

1. Анализ методов обеспечения и оценки результативности процессов СМК

Отсутствие ясности в проблеме оценки результативности и эффективности объясняется новизной, многогранностью, разнообразием факторов, влияющих на эффективность и результативность в области качества. Оценка СМК может варьироваться по области применения. Результативность и эффективность может быть рассмотрена на уровне продукции или услуги, на уровне процесса или системы в целом, применительно к компании, структурному подразделению, бизнес-процессу, операциям непосредственно на рабочем месте. Одними из методов обеспечения и оценки результативности и процессов СМК согласно ГОСТ ISO 9001 являются внутренние и внешние аудиты, анализ данных СМК, самооценка.

Аудиты используются для установления степени выполнения требований к СМК. Для оценки результативности и эффективности СМК, а также поиска путей улучшения применяются наблюдения, приобретенные в ходе проверки.

Одна из задач высшего руководства состоит в осуществлении систематической оценки адекватности, пригодности, результативности и эффективности СМК, учитывая Политику и цели в области качества. Изменение потребностей и ожиданий заинтересованных сторон могут привести к необходимости адаптирования Политики и целей в области качества.

Самооценка представляет собой комплексное оценивание, в результате которого формируется мнение об эффективности и результативности, а также уровне зрелости СМК. Целью самооценки является предоставить предприятиям основанные на фактах (применительно к областям использования ресурсов) рекомендации по улучшению его деятельности. Само-

оценку применяют для того, чтобы измерить уровень достижений по отношению к целям, а также для сравнения при повторной оценке соответствия данным целям.

2. Модель индексного нормирования оценки результативности

В наше время имеется много моделей самооценки предприятий по критериям СМК. Наиболее широко распространённые – это модели национальных и региональных премий по качеству, которые считаются моделями совершенства организаций. Оценка и самооценка предприятия выполняется по сумме баллов (или процентов), рассчитанных по критериям премий. В качестве наглядного примера далее будет рассмотрена методика из ГОСТ Р ИСО 9004-2010, основывающаяся на разделах стандарта ГОСТ ISO 9001-2011. Методика служит для оценки СМК по каждому основному разделу ГОСТ ISO 9001-2011 с помощью балльной системы. Анкета включает 5 разделов и 86 вопросов. Данная модель индексного нормирования оценки результативности (МИНОР) [2] основывается на определении необходимых уровней изменения показателей результативности и их приоритетности. При этом авторы относят СМК к типу систем стремления к идеалу, результативность которых можно оценить, сравнивая с нормативным оптимумом развития. Модель, предлагаемая в стандарте ГОСТ ISO 9001-2011, не относится к категории «идеал». В связи с этим нужно отделять оценку результативности деятельности предприятия и результативности СМК. Модель МИНОР позволяет оценить деятельность предприятия, но не результативность СМК.

Осуществляя оценку результативности СМК необходимо разграничивать понятия «адекватность», «эффективность» и «результативность». Под адекватностью СМК понимают уровень соответствия СМК намеченным мероприятиям, установленным предприятием требованиям к СМК, и требованиям стандарта ГОСТ ISO 9001-2011.

В соответствии с п. 3.2.14 ГОСТ ISO 9000-2011 «Результативность – это степень реализации запланированной деятельности и достижения запланированных результатов» [1]. Результативность может быть рассмотрена как показатель целевого назначения, который определяет основную задачу системы, целенаправленность и смысл ее существования.

Результативность есть основополагающий показатель как всей системы, так и отдельных процессов. Данный показатель является важным для всех групп потребителей. В случае нерезультативной работы предприятие теряет потребителей, поэтому оно должно прилагать существенные усилия для достижения результативности. Однако при наличии 100 % результативности организация не имеет никаких привилегий [2].

Согласно ГОСТ ISO 9000-2011 под эффективностью понимается «связь между достигнутым результатом и использованными ресурсами»

[1]. Она помогает оценить разные «траектории» достижения результата с учетом затраченных ресурсов [2].

В рамках стандарта ГОСТ ISO 9001-2011 возможна адаптация его требований к особенностям конкретных организаций. СМК на предприятии ОАО «НИИ «Полюс» функционирует с 2000 года. Служба качества предприятия следит за своевременным обновлением сертификатов соответствия. Так, например, в 2013 году был подтвержден имеющийся международный и российский сертификат соответствия СМК стандарту ГОСТ ISO 9001-2011. Система менеджмента качества уникальна для каждого предприятия и его подразделений и может эффективно работать только тогда, когда четко определены цели и политика в области качества, виды деятельности, процессы, подпроцессы и ответственность.

В ходе внедрения процессного подхода в деятельность предприятия важное место занимает формирование интегральной системы показателей, которая позволяет оценить результативность отдельных подпроцессов, процессов, системы СМК в общем. Потому при оценивании результативности СМК ОАО «НИИ «Полюс» акцент ставится на разработку интегральной оценки результативности [2].

Метод оценивания СМК деятельности предприятия включает главные задачи создания СМК структурного подразделения:

- обеспечить качество предоставляемых товаров и услуг по основным видам деятельности;
- повысить имидж предприятия;
- увеличить уровень доверия потребителей к выпускаемой продукции/услугам;
- повысить ответственность и четко распределить полномочия сотрудников;
- устранить межфункциональные барьеры и создать команду качества за счет введения процессного подхода и идеологии всеобщего управления качеством.

Выработанная политика и цели в области качества направляют деятельность предприятия к получению промежуточных и конечных результатов. Результативность СМК обуславливается эффективностью, результативностью и гибкостью процессов менеджмента, основных и обеспечивающих процессов [2].

Для количественной оценки результативности СМК определена группа критериев по каждому процессу (виду деятельности, подпроцессу), удовлетворяющих конкретные потребности заинтересованных сторон и формирующих условия для постоянного развития и совершенствования деятельности предприятия. Итоговая оценка результативности СМК включает 3 градации: «хорошо», «удовлетворительно» и «неудовлетворительно».

Оценка «хорошо» предполагает осуществление всех поставленных задач в области качества при наличии положительной динамики абсолютных и относительных показателей.

Оценка «удовлетворительно» говорит о выполнении поставленных задач в корреспонденции со шкалой показателей процесса и показывает неизменность показателей [2].

Оценка «неудовлетворительно» обозначает неисполнение определенных задач в области качества и отображает отрицательную динамику абсолютных и относительных показателей критериев результативности процессов. Проблема в разработке методы оценки результативности СМК – определить критериальные показатели отдельных процессов и их количественную оценку. Метод оценки результативности СМК предусматривает в виде критериальных показателей выходные показатели процесса, отражающие требования потребителей. По каждому показателю существует план его достижения в определенный период времени соответственно задачам и политике в области качества. План предполагает постоянное улучшение показателя. Достижение или увеличение показателя дает оценку «хорошо», снижение показателя оценивается на «неудовлетворительно», а неизменность показателя - «удовлетворительно». Показатель может быть как в абсолютном и относительном (темпы изменения) выражении. Так же существует шкала достижения показателя. Если критерий невозможно определить количественно, осуществляется относительная оценка «лучше», «стабильно», «хуже» и ставится соответствующий балл.

Балльная оценка позволяет свести в итоговый показатель результативность отдельных процессов, оценить процессы менеджмента, основной процесс деятельности предприятия в целом и поддерживающие процессы. Интегральный показатель i-го процесса определяется по формуле 1:

$$P\ СМК\ i = (A\ *4 + B*3 + C*2) / (A+B+C), \text{ где} \qquad (1)$$

A - количество показателей процесса, имеющих оценку «хорошо»;

B - количество показателей процесса, имеющих оценку «удовлетворительно;

C - количество показателей процесса, имеющих оценку «неудовлетворительно».

Интегральный показатель результативности СМК кафедры (ИР СМК) оценивается по формуле 2:

$$ИР\ СМК = k*\ P\ СМК\ i\ , \text{ где:} \qquad (2)$$

P СМК i – интегральный показатель результативности i-го процесса;

k – весовой показатель i-го процесса [2].

Заключение

Система показателей, созданная на основе оценки качества процес-

сов, их эффективности, результативности и гибкости наиболее полным образом отражает работу процессов предприятия, дает возможность учесть уровень внедрения процессного подхода, оценить степень реализации в рамках СМК достижения запланированных результатов. Такого рода система будет соответствовать определению результативности СМК и требованиям международных стандартов в области менеджмента качества.

Библиографический список

1. Межгосударственный стандарт ГОСТ ISO 9000-2011. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь. – Москва, Стандартинформ, 2012

2. Терещенко, Н.В. Модель комплексной оценки результативности СМК / Н.В.Терещенко, Н.С. Яшин. // Методы менеджмента качества. - 2006. - № 4.

3. Гличёв А.В. Основы управления качеством продукции. // Стандарты и качество. - №4. - 2002. - с.29-30.

УДК 658.5.011

РЕОРГАНИЗАЦИЯ И ВЫХОД ИЗ КРИЗИСА НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА НА ПРИМЕРЕ ОАО «ПЛУТОН»

Калушин С.В. ОАО «Плутон» , Москва, Россия

В настоящее время для России назрела острая необходимость перехода от сырьевой экономики к экономике инновационного типа. Достичь высокого уровня конкурентоспособности отечественных предприятий можно повышая эффективность использования интеллектуальных ресурсов, активизируя инновационную деятельность, обеспечивая рост наукоемких предприятий, повышение их конкурентоспособности и инвестиционной привлекательности.

В 90-х годах 20 века и в начале 21 столетия большинство предприятий радиоэлектронного и оборонного профиля оказались в серьёзной кризисной ситуации. Научно – производственный комплекс ОАО «Плутон» не был исключением.

Для выхода из кризиса целесообразно стараться предвидеть его, для того чтобы подготовиться и смягчить удар о “дно”, сократить время пребывания там. На “дне” перед менеджерами возникает проблема жесткого выбора. На “дне” активизируются процессы торможения кризиса, происходит акти-

визация и внедрение нововведений. Ситуация начинает изменяться к выходу из кризиса. Так и с приходом нового руководства научно – производственного комплекса ОАО «Плутон», стремящего не допустить распада, гибели системы (предприятия) заставило его совместно с коллективом реформировать, вырабатывать антикризисные технологии, которые представляют собой очень важную разновидность технологий управления. Изменение основного показателя деятельности данного предприятия - поступления денежных средств (дохода) от реализации произведенной СВЧ – продукции в начале XXI века представлено на рис.1 в виде процентного соотношения к 2000 году, когда ОАО «Плутон» находилось в очень тяжелом положении [1].

Как видно из рис.1, в последующем в результате деятельности руководства и усилий всего коллектива предприятия по его реорганизации наметился устойчивый выход из кризиса и стабилизация работы Научно – производственного комплекса ОАО «Плутон».

Не смотря на все трудности этого непростого времени, ОАО «Плутон» смог удержаться на плаву, сохранить квалифицированные кадры, поддержать в рабочем состоянии энергетический сектор, спецтехнологическое и испытательное оборудование, обеспечить стабильное качество выпускаемой продукции.

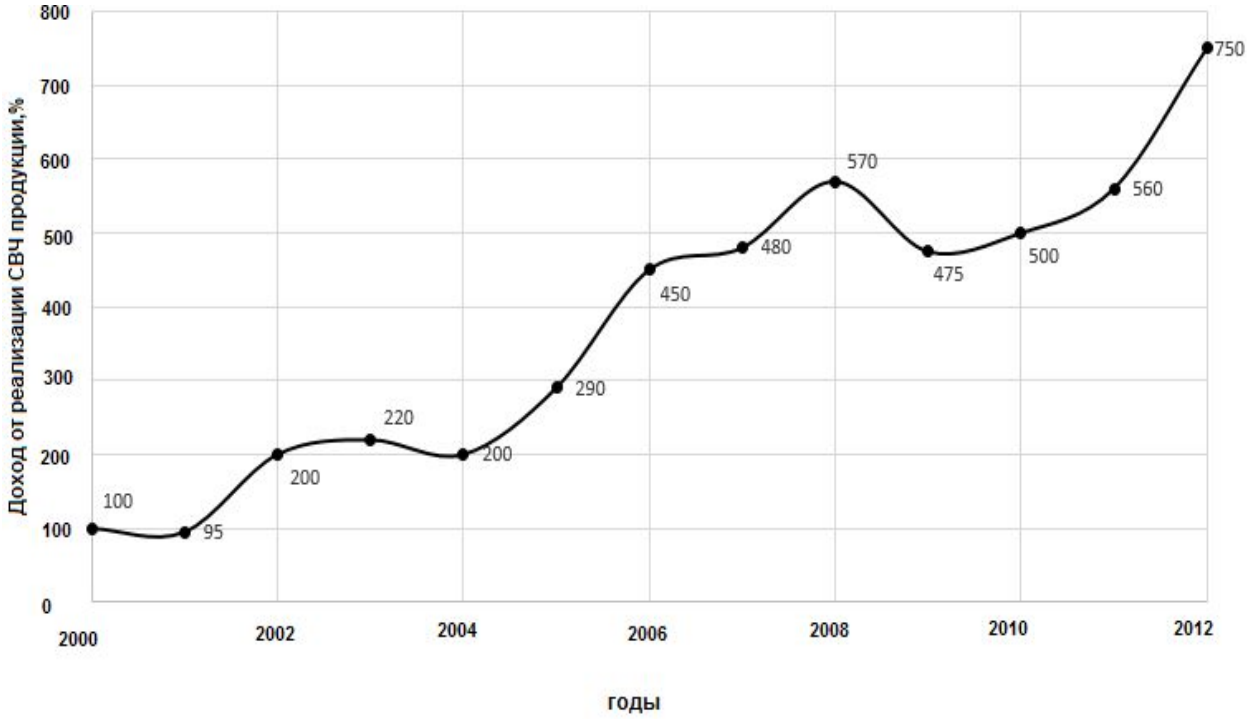


Рис.1. Изменение основного показателя ОАО «Плутон» - поступления денежных средств (дохода) от реализации произведенной СВЧ продукции в виде процентного соотношения к 2000 г.

Для соответствия предприятия по производству ЭКБ современному уровню рыночных отношений в условиях нестабильности внешней среды было ясно, что требуется новая организация его структуры и системы управления на базе технологической модернизации, включающей ликвидацию неэффективных производственно-технологических ресурсов, разработку и освоение высокотехнологичных материалов и изделий на их основе, создаваемых в т.ч. на правах государственно-частного партнерства, сохранение, переобучение и подготовку высококвалифицированного кадрового потенциала.

Предстояло разработать показатели и принципы обеспечения стабильной работы инновационно – промышленного предприятия, а именно:

- разработать современную, наиболее эффективную концепцию лидерства при управлении организацией, предприятием [2];
- провести анализ и исследование динамики развития кризиса и принятия необходимых действий руководства и коллектива предприятия по проведению ряда системных реформ;
- разработать и провести исследование научно – методических основ реорганизации и выхода из кризиса научно-производственного комплекса на примере ОАО «Плутон»;
- провести анализ и разработку стратегии выхода научно – производственного комплекса на примере ОАО «Плутон» [3];
- провести анализ, разработку и исследование показателей и принципов обеспечения стабильной работы инновационно – промышленного предприятия;
- способствовать созданию нового поколения конкурентоспособной, наиболее наукоемкой и высокотехнологичной продукции мирового уровня [2],

что и было осуществлено коллективом на ОАО «Плутон.

Одним из главных мероприятий, позволивших, по существу, спасти «Плутон», было создание научно-производственного комплекса, объединяющего не на словах, а на деле все структуры науки и производства, т.е. руководство пошло на реорганизацию предприятия [4]**.**

При этом для выхода из кризиса руководство и коллектив ОАО «Плутон» скорректировал стратегию развития своего предприятия в соответствии с планированием и управлением ею, было проведено ряд системных реформ, наиболее важных, на наш взгляд, для данного этапа жизнедеятельности предприятия и при нашем непосредственном участии. К ним относятся:

- комплексная диагностика организации;
- переоценка ценностей;
- совершенствование связей организации с внешней средой, в частности, совершенствование маркетинговой и рекламной деятельности, привлечение потребителей;

- разработка системы обеспечения конкурентоспособности организации;

- развитие системы управления качеством продукции и сервиса ее потребителей на конкретном рынке;

- организационно-техническое развитие организации;

- совершенствование информационного обеспечения системы управления организацией (автоматизация управления).

Особое внимание было уделено обеспечению высокого качества продукции, включая новизну, технический уровень, отсутствие дефектов при исполнении, надежность в эксплуатации, что является одним из важнейших средств конкурентной борьбы, завоевания и удержания позиций ОАО «Плутон» на рынке.

При этом, большинство видов деятельности нашего предприятия требовало внедрение горизонтальной организации работы. Распределение элементов работы, образующих единые процессы, по подразделениям при существующей ранее вертикальной организационной структуре приводило к просчетам и дублированию, что отрицательно сказывалась на эффективности и качестве. Стратегия, обеспечивающая достижения максимального эффекта, ориентирующая все виды деятельности на конечный максимальный эффект для предприятия, представляет собой управление процессами.

Наиболее мобильными и поддающимися эффективному регулированию без существенных капиталовложений являются факторы организации управления производственно-сбытовой (маркетинговой) деятельностью, и именно в этой сфере находятся реальные пути повышения конкурентоспособности предприятия. Одной из составляющих конкурентоспособности, как уже отмечалось, является качество продукции и её инновационность, привлекательность для потребителя. Качество определяется действием многих случайных, местных и субъективных факторов. Для предупреждения влияния этих факторов на уровень качества совершенствовалась система управления качеством. При этом прилагались не отдельные разрозненные и эпизодические усилия, а совокупность мер постоянного воздействия на процесс создания продукта с целью поддержания соответствующего уровня качества [4-6].

Современное управление качеством исходит из того, что деятельность по управлению качеством не может быть эффективной после того, как продукция произведена, эта деятельность должна осуществляться в ходе производства продукции. Важна также деятельность по обеспечению качества, которая предшествует процессу производства.

В настоящее время по отношению к группе требований, предъявляемых потребителями к продукции, широко используется термин ценность [4-6]. Данное понятие с точки зрения потребителя означает возможность

приобретения товара, обладающего наиболее важными характеристиками, т.е. произведенного в точном соответствии с нормативной документации (техническими условиями), в установленный срок и с определенной надежностью, по самой низкой возможной цене.

Таким образом, для повышения ценности своей продукции предприятию необходимо либо улучшить наиболее весомые для потребителя характеристики, либо снизить цену, либо сделать и то, и другое одновременно. Тем самым, обеспечив высокую конкурентоспособность продукции, появляется возможность построить свою экономику, сориентированную на внутренний рынок, на развитие собственных производственных структур, на создание возможности производства все более качественной и дешевой продукции.

Подводя итоги, можно сказать, что выход из кризиса не отдельная задача какого либо предприятия или отрасли, а целенаправленная стратегия всей страны и защита государством отечественного производителя является необходимостью.

Библиографический список

1. Стратегия выхода из кризиса научно-производственного комплекса на примере ОАО «Плутон» / Калушин С.В., Камиссарчик С.В., Лифанов Н.Д., Ли И.П. // Наукоемкие технологии, №2, т.15, 2014, с.61-64.

2. Калушин С.В. Современная концепция лидерства при управлении организацией // Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения / Материалы Международной научно-технической конференции «INTERMATIC–2013», 2–6 декабря 2013 г., Москва. / Под ред. академика РАН А.С. Сигова. – М.: МГТУ МИРЭА – ИРЭ РАН, 2013, часть 6, с. 140-144.

3. Аймалетдинов М.Н., Есаулов М.Н., Яранцев Н.В. Основы стратегического планирования организации. Материалы Международной научно-практической конференции «Фундаментальные проблемы радиоэлектронного и оптоэлектронного приборостроения» (INTERMATIC–2012), г. Москва, 2012, ч,7, с. 113-117.

4. Калушин С.В., Есаулов Н.П. Показатели и принципы обеспечения стабильной работы инновационно – промышленного предприятия // Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения / Материалы Международной научно-технической конференции «INTERMATIC–2013», 2–6 декабря 2013 г., Москва. / Под ред. академика РАН А.С. Сигова. – М.: МГТУ МИРЭА – ИРЭ РАН, 2013, часть 6, с. 145-149.

5. Ли И.П., Калушин С.В. Пути совершенствования конструкции и технологии изготовления катодов малогабаритных магнетронов импульсного действия/ Материалы юбилейной XX научно-технической конференции «Вакуумная наука и техника», МГИЭМ, сентябрь 2013 г. с. 243-246.

6. Ли И.П., Калушин С.В. Особенности конструкций и технологии изготовления катодных систем для малогабаритных магнетронов импульсного действия Особенности конструкций и технологии изготовления катодных систем для малогабаритных магнетронов импульсного действия/ Научно – техническая конференция молодых специалистов ОАО «Плутон»/ Электровакуумные приборы, материалы и технологии, Москва, 10 – 12 января 2014 г., с. 65-75. Научно – техническая конференция молодых специалистов ОАО «Плутон»/ Электровакуумные приборы, материалы и технологии, Москва, 10 – 12 января 2014 г., с. 65-75.

УДК 658.5.011

ПРОЦЕССНЫЙ ПОДХОД К УПРАВЛЕНИЮ КОМПЕТЕНЦИЯМИ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРСОНАЛА

Куртеева Ж.А., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Введение

Конкуренция между предприятиями обусловливает необходимость находить новые подходы и пути развития в новых рыночных условиях. Инновационная деятельность на предприятиях радиоэлектронного комплекса России (РЭК России) к компетенциям персонала предъявляет новые требования, что отражается на работе, как сотрудников, так и самого предприятия, при управлении бизнес-процессами. Всё большую актуальность приобретает управление компетенциями инженерно-технического персонала, который должен постоянно развиваться с целью овладения современными бизнес-процессами. Актуальность управления компетенциями инженерно-технического персонала на современном предприятии радиотехнических и инфокоммуникационных систем не просто переоценить. Каким бы профессиональным и способным не был управленческий сектор на предприятии, основные функции выполняются средним звеном специалистов. Именно поэтому крайне важно уделить внимание управлению компетенциями инженерно-технического персонала.

Управление компетенциями инженерно-технического персонала

Управление компетенциями инженерно-технического персонала представляет собой систему различных мер как организационных, так и экономических и социальных, направленных на создание условий для полноценной работы и развития технических специалистов. Известно, что ме-

ханизм управления компетенциями инженерно-технического персонала включает в себя несколько взаимосвязанных между собой этапов, которые наглядно представлены на рисунке 1.

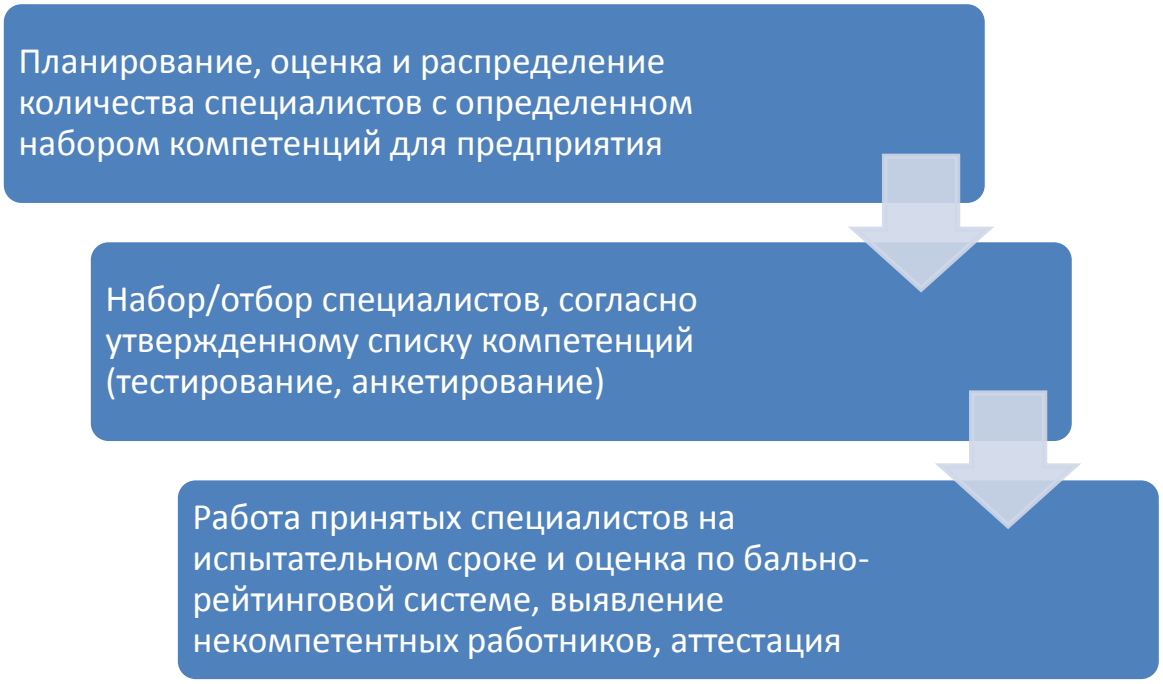


Рис. 1

Как и любой бизнес-процесс, управление компетенциями инженерно-технического персонала включает планирование. Именно на этом этапе идёт оценка и распределение технических специалистов. Имея определенные выводы о том, сколько людей и для чего они нужны предприятиям, переходят к набору и отбору тех или иных кадров, согласно заранее подготовленному списку с набором компетенций. Отбор специалистов представляет собой наиболее сложную часть всего механизма работы с компетенциями инженерно-технического персонала. Для начала выявляется наличие определенных компетенций у специалистов по результатам тестирования или анкетирования, но, к сожалению, это не дает возможности узнать человека ближе, не поработав с ним определенное время и посмотрев на его действия в рабочей обстановке. Понимая это, на предприятиях вводится испытательный срок, в течение которого человек может проявить свои способности и продемонстрировать соответствие результатов своей работы с заявленными ранее компетенциями непосредственно на рабочем месте. По результатам этого периода на предприятии остаются наиболее приемлемые сотрудники, которые в дальнейшем могут пройти специально обучение, для выработки дополнительных компетенций, необходимых работодателю. Остальные же некомпетентные в нужных областях сотрудни-

ки подлежат увольнению. По итогам выполнения заданных работ проводится аттестация и выставляются оценки всем оставшимся технических специалистам, что дает основание для премирования и дополнительных материальных вознаграждений.

Этапы формирования инженерно-технического персонала

Известно, что идеального механизма управления компетенциями инженерно-технического персонала не существует, есть лишь три этапа управления. Первый этап – это фаза формирования инженерно-технического персонала согласно списку компетенций, содержащихся в должностных инструкциях технических специалистов при приеме их на работу, с учетом ранее выявленной информации с помощью анкетирования и тестирования. Этот этап так же дает возможность прогнозировать и определять потребности в инженерно-техническом персонале, привлечение и подбор специалистов, и как итог, заключение трудовых отношений в виде договоров. Этот этап предполагает появление второго этапа, в котором на первом плане стоит обеспечение рабочими местами квалифицированных кадров, создание дружного коллектива, управление карьерными перспективами для всех технических специалистов. Важно отметить, что морально-психологического климата в коллективе должен быть на высоте. И как следствие, на последнем третьем этапе наблюдается стабилизация инженерно-технического персонала. На этом этапе всегда позаботятся о планомерном размещении, эффективной перестановке и дополнительном развитии всего персонала в целом. Наиболее актуальным моментом на данном этапе является как оценка работы технического специалиста, так и качество выполненных работ, которое отражается на росте и развитии современного предприятия радиотехнических и инфокоммуникационных систем.

Понимая тонкую специфику развития современных предприятий радиотехнических и инфокоммуникационных систем, существует зависимость в подготовке определенных специализаций в вузах, которые смогли бы формировать у студентов требуемые предприятиями компетенции. Для организации инновационного производства необходимы специалисты, которые смогли бы работать от идеи до вывода на рынок того или иного продукта высокотехнологичного производства. Для модернизации производств необходимы специалисты с набором таких компетенций как «саморазвитие», «самомотивация», «управление проектами», целеустремленность», нужны «адаптеры», способные развивать и адаптировать новые продукты согласно запросам рынка, а также «стандартизаторы», специалисты по разработке документов организации в соответствие с международными. В перспективе просматривается потребность в создании правовых технологий и глобальных систем технологий для разных отраслей про-

мышленности. А поддерживать и проектировать такого рода инновации могут лишь люди, умеющие мыслить и работать системно, такие как системные дизайнеры, архитекторы, технологи.

Заключение

Актуально то, что при управлении компетенциями специалистов в условиях развития инновационных технологий, следует предусматривать потребность в специалистах не только с техническими знаниями и навыками в своей профессии, а также и в смежных направлениях – в экономике, правовой сфере, в социальных дисциплинах, что в перспективе станет обязательным требованием. Так же необходимо учесть, что специалист сегодня должен быть многопрофильным и иметь компетенции для работы в международном контексте, владеть иностранными языками, понимать другие культуры, быть коммуникабельным и общительным, уметь находить общий язык, заключать договора и контракты. Получается, что знания предметных компетенций - это лишь старт в мир инновационного обучения. Сейчас надпредметные компетенции, включающие умение коммуницировать, быть частью творческого коллектива, уметь работать с большим объемом информации уже никого не удивишь. Необходимы метакомпетенции – это системное и алгорифмическое мышление, очень быстрое обучение, навыки саморазвития и саморегуляции.

Необходимо вплотную заняться детализированием требований работодателя к учебным программам вузов.

Система мероприятий по развитию управления компетенциями включает в себя:

- оценку по новым специальностям в ключевых отраслях;
- исследования по горячим следам и внедрять актуальные инновационные открытия в образовательный процесс;
- выход на международный уровень.

Именно благодаря этим действиям будет показана важность и эффективность исследовательской работы в области управления компетенциями технических специалистов. Это даст возможность продолжать работать в новом русле и начать новые исследования, такие как разработка показателей, критериев и методов оценки, действий по принятию решений.

Библиографический список

1. Сидорин В.В. Системы менеджмента качества (учебное пособие). МИРЭА, 2011 г.

2. Сидорин В.В. Учебно-научно-производственный комплекс – модель системы подготовки инженеров – кадрового потенциала высокотех-

нологичных отраслей промышленно-сти (статья) // Инженерное образование, 2011, №8,с.30-37.

3. Сидорин В.В. Процессный подход к формированию компетенций специалистов для предприятий оборонно-промышленного комплекса в учебно-научном инновационном кластере. Вестник качества, 2013, №1, с. 20-31.

4. Электронный ресурс [http://www.smart-edu.com/professionalnye-kompetentsii.html]

5. Электронный ресурс [http://www.kadrovik.ru/modules.php?op=modload&name=News&file=article&sid=9037]

6. Электронный ресурс [http://budud.narod.ru/psu2.html]

УДК 658.5.011

ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ МЕХАНИЗМ УПРАВЛЕНИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Калушин С.В., ОАО «Плутон», Москва, Россия

Основой государственной научно-технической инновационной политики в электронной промышленности, как наиболее наукоемкой, является создание нового поколения конкурентоспособной, высокотехнологичной продукции мирового уровня. При этом основное внимание должно уделяться качеству и конкурентоспособности электронной компонентной базы (ЭКБ), составляющей основу продукции оборонного заказа, т.е. тем процессам, в ходе которого трансформируется полученное от поставщиков сырье, материалы, информация в результаты, предлагаемые потребителю. Процессы в рамках предприятия формируют систему, цель которой - создание конечного продукта, не просто соответствующего ожиданиям потребителя, но и превосходящего их. Таким образом, задача руководства предприятия, его менеджеров состоит в оптимизации всей системы процессов на предприятии. **Для этого менеджеры должны понимать, что они управляют прежде всего процессами, а не людьми.** При этом их работа должна быть направлена, в первую очередь, на разработку научно-технических основ создания и функционирования инновационного предприятия по производству, в частности, электронных компонентов, на исследование путей и разработку научно-технических основ модернизации структуры управления и технологических процессов для обеспечения инновационного развития и повышения конкурентоспособности предприятий

по производству ЭКБ мирового уровня, на анализ и обобщения результатов, достигнутыми предприятиями, участвующих в работе.

Поэтому определяющим является необходимость создания и функционирования научно – производственных объединений, участия государства и частного бизнеса. Для соответствия предприятия по производству ЭКБ современному уровню рыночных отношений требуется **новая организация его структуры и системы управления на базе технологической модернизации, включающей ликвидацию неэффективных производственно-технологических ресурсов, разработку и освоение высокотехнологичных материалов и изделий на их основе, создаваемых в т.ч. на правах государственно-частного партнерства, сохранение, переобучение и подготовку высококвалифицированного кадрового потенциала.**

Таким образом, возникает актуальная научная задача разработки организационно-экономического механизма управления инновационной деятельностью научно-производственного предприятия на основе формирования интегрированной стратегии управления интеллектуальным капиталом НПП с использованием иерархических стратегических карт, а также создания венчурных структур различного типа, имеющая существенное значение для развития методического аппарата управления инновациями.

Требуется системный, комплексный подход к становлению эффективного инновационного воспроизводственного цикла российской экономики на основе оптимального использования всех элементов, факторов и механизмов, включив их в целостный контур интеграции технологической структуры, технологических укладов, модернизированной новой техники, действующего производственного потенциала, производственной силы работника, современных нововведений.

С позиции системного и комплексного подходов современное рациональное хозяйствование следует рассматривать как качественное определенное взаимодействие всех элементов, систему прямых и обратных связей и отношений на предприятии, учет которых следует осуществлять на основе макроэкономического, микроэкономического, иерархического, функционального и процессуального представлений о научно-промышленном предприятии.

Естественно, электронная промышленность является одним из наиболее высокотехнологичных секторов экономики любого государства. Именно электронные технологии являются катализатором научно-технического прогресса и способствуют развитию остальных отраслей экономики. Мировой рынок электроники - один из самых емких и быстрорастущих рынков, имеющий огромный потенциал для дальнейшего развития.

Для соответствия предприятия по производству ЭКБ современному уровню рыночных отношений требуется новая организация его структуры и системы управления на базе технологической модернизации, включаю-

щей ликвидацию неэффективных производственно-технологических ресурсов, разработку и освоение высокотехнологичных материалов и изделий на их основе, создаваемых в т.ч. на правах государственно-частного партнерства, сохранение, переобучение и подготовку высококвалифицированного кадрового потенциала.

В связи с этим особую актуальность, как уже отмечалось, в настоящее время приобретает взаимодействие государственного и частного секторов при решении социально – экономических задач развития региона или муниципального образования, предприятий, находившихся на их территориях.

Для активизации инновационной деятельности, создания и продвижения высокотехнологичных товаров, в том числе ЭКБ, необходимо стимулирование разработчиков интеллектуального продукта и достижения высоких результатов эффективности, обучение специалистов технологиям и специфике вывода разработок на международный уровень, создание в России инновационной инфраструктуры. Все это обуславливает необходимость совершенствования систем управления предприятиями при благоприятных условиях коммерциализации инновационных разработок. Под влиянием возрастающей внутренней и внешней конкуренции инновации становятся важнейшим элементом менеджмента на предприятии. Новые идеи и продукты, прогрессивные технологии и организационные решения все в большей степени определяют успех предпринимательской деятельности, обеспечивают выживание и финансовую стабильность предприятий.

В децентрализованной системе управления экономикой (а такой ее делают рыночные отношения) каждый субъект хозяйствования определяет стратегию своего развития, сообразуясь, во-первых, с общими для всех правилами поведения, устанавливаемыми законодательством, во-вторых, с собственными интересами, целями и возможностями и, в-третьих, с теми позициями на рынке, которые предоставляет конкурентная борьба.

Ядром новой научно-промышленной политики должна стать система мер, обеспечивающих прогрессивные структурно-технологические сдвиги в продвижении самого передового (по современной хронологии - пятого) технологического уклада. Вытеснение старых укладов новым стимулирует экономический рост, а их сохранение неизбежно приводит к замедлению технологических сдвигов и темпов роста экономики, снижению конкурентоспособности товаров на внутреннем и мировом рынках.

Следует иметь в виду, что в настоящее время происходит промышленное освоение **VI технологического уклада**, который включает в себя наноэлектронику, генную инженерию, мультимедийные интерактивные информационные системы, высокотемпературную сверхпроводимость и т.п., при этом, значительная доля ВВП в экономически развитых странах в современных условиях создается в сфере **информационного обслужива-**

ния общества.

Организационно-экономический механизм управления инновационной деятельностью научно-производственного предприятия и обеспечение стабильной работы инновационно – промышленного предприятия должно опираться на:

1. ***Необходимость определения приоритетов научно-промышленной политики.***

Эти проблемы не будут иметь эффективного решения, пока не решена главная - государство обязано выделить приоритеты, то есть те сферы деятельности, которые станут базой развития - роста ВВП на душу населения за счет несырьевых источников.

2. ***Системное и оперативное развитие законодательной базы.***

Приоритетные направления необходимо законодательно поддержать комплексными экономическими мерами: В частности, налоговое законодательство должно быть гибким, дифференцированным и отличать процесс традиционного производства от наукоемких производств.

3. ***Четкое и последовательное осуществление структурных преобразований.***

При этом просматриваются два возможных подхода к структурной реформации:

Первый заключается в обособлении специализированных предприятий, максимальной концентрации здесь производства профильной техники и отсечении "лишних" производств.

Второй подход предполагает активную структурную перестройку на основе создания и объединения высокотехнологичных сфер деятельности, исходя из требования диверсификации разработок и производства и, следовательно, их устойчивости при резких изменениях структурной политики или конъюнктуры рынка.

Тем самым разрывается порочный круг инерции использования отживающих технологий. Именно по этому пути пошли крупнейшие корпорации во всем мире.

В условиях острейшего кризиса производства, сокращения финансирования научные исследования в этих направлениях пострадали больше всего. Выход подсказывает мировой опыт: **создание государственный научных центров**; поддержка или создание крупных проблемных лабораторий в сильных естественнонаучных, технических и технологических университетах страны.

4. ***Оптимазацию диверсификации разработок и производства.*** Учитывая избыточность производственных мощностей, наличие хорошей опытно-экспериментальной базы и сильных научных и конструкторских коллективов, необходимо создать экономические предпосылки для энер-

гичной диверсификации предприятий, доведя долю профильной продукции в общем объеме производства до 25-35%, как на большинстве аналогичных американских фирм. У нас она больше, что стало одной из основных причин слабой устойчивости российской индустрии.

5. ***Всемерную коммерциализацию научно-производственной деятельности.*** В создавшемся финансовом положении наукоемкая промышленность должна вести активный поиск и во все более возрастающей мере использовать дополнительные источники своего развития, альтернативные государственным. Некоторые результаты в этой области уже достигнуты, в основном, с привлечением иностранных инвесторов.

6. ***Международное сотрудничество.*** Значительные возможности для расширения сферы новейших технологий предоставляет международное сотрудничество, привлечение иностранных инвестиций. Создание многих наукоемких производств неподъемно для экономик даже крупных государств.

7. ***Создание эффективного государственного механизма распространения и внедрения инноваций*** (в рыночной экономике именно сильное государство первым берет на себя эту функцию) и механизма охраны и защиты прав интеллектуальной собственности на научно-технические достижения.

Таким образом, возникает актуальная научная задача разработки организационно-экономического механизма управления инновационной деятельностью научно-производственного предприятия на основе формирования интегрированной стратегии управления интеллектуальным капиталом НПП с использованием иерархических стратегических карт, а также создания венчурных структур различного типа, имеющая существенное значение для развития методического аппарата управления инновациями с учетом показателей и принципов обеспечения стабильной работы инновационно – промышленного предприятия.

Для реализации данной задачи руководитель предприятия должен повседневно, постоянно проводить:

1. Исследование структуры интеллектуального капитала современного предприятия, анализ его влияния на рост рыночной стоимости научно-производственного предприятия;

2. Анализ современного состояния и основных тенденций развития наукоемких отраслей экономики РФ;

3. Классификацию НПП в зависимости от реализуемых этапов инновационного процесса и особенностей организации бизнес-процессов;

4. Формирование базовой системы интегрированных стратегий управления интеллектуальным капиталом НПП, поддерживающих реализуемые стратегию роста и конкурентную стратегии;

5. Разработку процедуры формирования интегрированной стратегии управления интеллектуальным капиталом научно-производственного

предприятия с использованием иерархических стратегических карт;

6. Разработку организационно-экономического механизма формирования интеллектуального капитала научно-производственного предприятия на различных этапах реализации интегрированной стратегии;

7. Разработку организационно-экономического механизма управления рисками научно-производственного предприятия, ориентированного на активизацию инновационной деятельности.

Библиографический список

1. Стратегия выхода из кризиса научно-производственного комплекса на примере ОАО «Плутон» / Калушин С.В., Камиссарчик С.В., Лифанов Н.Д., Ли И.П. // Наукоемкие технологии, №2, т.15, 2014, с.61-64.

2. Калушин С.В., Есаулов Н.П. Показатели и принципы обеспечения стабильной работы инновационно – промышленного предприятия // Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения / Материалы Международной научно-технической конференции «INTERMATIC–2013», 2–6 декабря 2013 г., Москва. / Под ред. академика РАН А.С. Сигова. – М.: МГТУ МИРЭА – ИРЭ РАН, 2013, часть 6, с. 145-149.

3. Аймалетдинов М.Н., Есаулов М.Н., Яранцев Н.В. Основы стратегического планирования организации. Материалы Международной научно-практической конференции «Фундаментальные проблемы радиоэлектронного и оптоэлектронного приборостроения» (INTERMATIC–2012), г. Москва, 2012, ч,7, с. 113-117.

УДК 658.5.011

ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ОРГАНИЗАЦИИ РАДИОЭЛЕКТРОННОГО КОМПЛЕКСА РОССИИ

Макарова Н.С., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Согласно ГОСТ ISO 9000-2011результативность — это степень реализации запланированной деятельности и достижения запланированных результатов.

В основе оценки результативности системы менеджмента устойчивого развития (СМУР) выполнения требований квалиметрическая оценка по комплексным показателям результативности, определяемые как средневзвешенная оценка четырёх составляющих по направлениям развития (таблица — 1).

Таблица 1

Составляющие оценки результативности

№ п.п	Обозначение показателя	Назначение показателя	Весовой коэффициент показателя (β_n) ($0<\beta_n<1$)
1	N1	Оценка финансовой и экономической деятельности	β_1
2	N2	Оценка удовлетворённости всех потребителей/заказчиков	β_2
3	N_3	Оценка бизнес-процессов	β_3
4	N4	Оценка образовательной, научной и инновационной деятельности (оценка развития)	β_4

Весовые коэффициенты (β_n) устанавливаются методом экспертных оценок в зависимости от уровня значимости показателей N_n.

Комплексный показатель результативности СМУР выполнения требований рассчитывается по формуле:

$$Rc = \frac{\sum_{n=1}^{4} N_n}{\sum_{n=1}^{4} n}, \quad (1)$$

где βn — весовые коэффициенты, которые устанавливаются методом экспертных оценок в зависимости от уровня значимости показателей N_n.

$$Nn = \frac{\sum_{i=1}^{m} b_i R_i}{\sum_{i=1}^{m} b_i}, \quad (2)$$

где R_i — результативность *i*-ой подсистемы, b_i — весовой коэффициент результативности *i*-ой подсистемы, m — количество подсистем.

$$R_i = \frac{\sum_{j=1}^{n_j} P_{ij}}{\sum_{j=1}^{n_j} ij}, \quad (3)$$

где P_{ij} — j-й показатель результативности в i-ой подсистеме СМУР, n_j — количество процессов (критериев) в i-ой подсистеме СМУР, λ_{ij} — весовой коэффициент j-го процесса (критерия результативности) в i-ой подсистеме.

Весовые коэффициенты b_i и λ_{ij} (в долях единицы) определяются методом экспертных оценок.

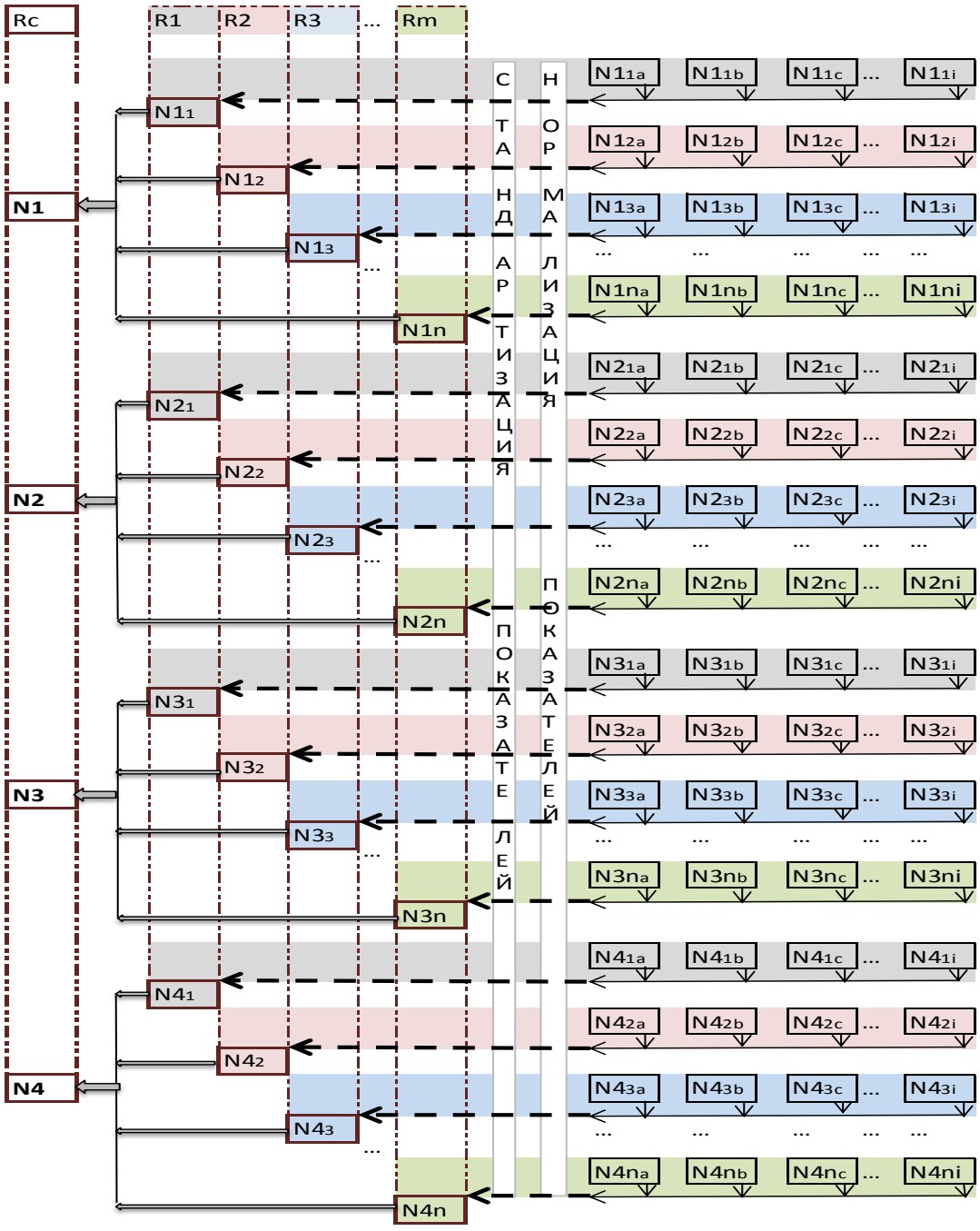


Рис. 1 — Схема построения показателей оценки результативности СМУР по направлениям развития

Результативность процессов оценивается по совокупности индикаторов — показателям результативности, состав которых определяется факторами внешней и внутренней среды организации радиоэлектронного комплекса (РЭК) России — технико-экономическими параметрами продукции, конкурентной средой, поставщиками, потребителями, состоянием и уровнем развития инфраструктуры, технического и технологического обеспечения, кадрового и ресурсного обеспечения и структурированными по направлениям развития: финансы, клиенты, бизнес-процессы, развитие. Общие требования к показателям результативности — информативность, достоверность и достаточность для полной и всесторонней оценки процесса. Критерии результативности процессов и их значения устанавливаются сообразно номенклатуре индикаторов — показателей результативности в соответствии с требованиями к параметрам процессов. При сопоставлении значений показателей и критериев оценивается результативность процессов, а по совокупности процессов — результативность каждой из подсистем и их вклад в достижение целей СМУР.

Количественные значения результативности СМУР соответствуют различным градациям характеристик результативности (таблица. — 2).

Таблица 2

Состав частных критерии результативности СМУР

Полученная оценка результативности Системы	**Результативность Системы**	**Варианты решений**
R_c 0,60	Недопустимая	Подробный анализ деятельности, оптимизация процессов. Пересмотр целей по качеству.
0,60 R_c 0,75	Допустимая	Разработка мероприятий по повышению результативности
0,75 R_c 0,95	Достаточная	Разработка мероприятий по повышению результативности
R_c 0,95	Высокая	Поддержание высокой результативности

Оценки результативности осуществляются в соответствии с нормативным документом Организации, регламентирующим методологию оценки реализации запланированной деятельности и достижения запланированных результатов СМУР.

Подводя итог, можно сделать вывод, что в своей основе методология оценки результативности СМУР типовой организации РЭК России (рис. 2) – универсальная система, которая охватывает одновременно оценку направлений развития: финансы, клиенты, бизнес-процессы, обучение и инновации по всем аспектом деятельности организации РЭК России. Что позволяет представлять обоснованную картину результатов деятельности организации РЭК России и создать основу для адекватного управленческого решения в период их развития.

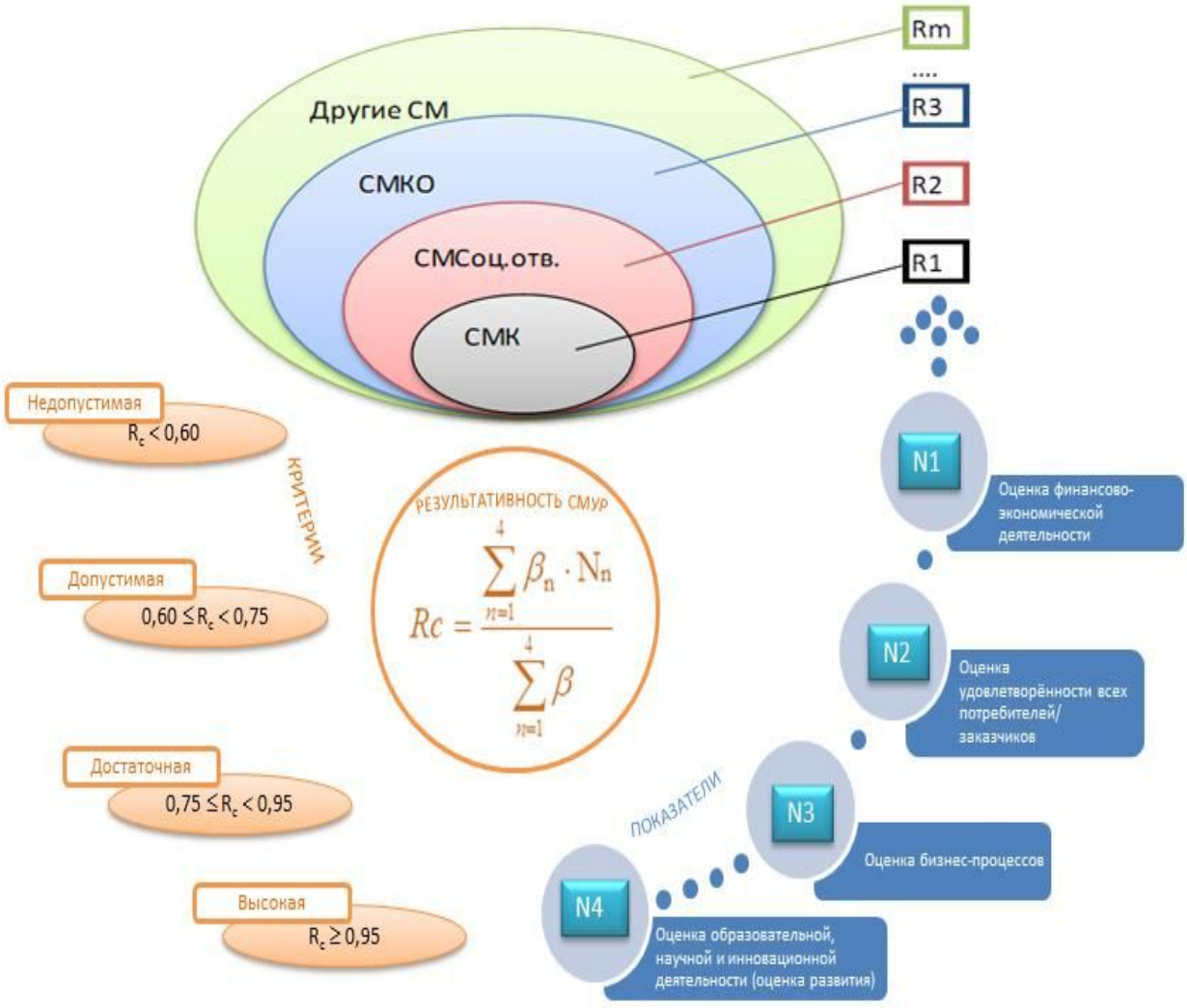


Рис. 2 — Методика оценки результативности СМУР

Библиографический список

1. ГОСТ ISO 9000-2011 Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь.

2. ГОСТ Р ИСО 9004–2010. Менеджмент для достижения устойчивого успеха организации. Подход на основе менеджмента качества.

УДК 658.5.011

СИСТЕМА МЕНЕДЖМЕНТА ОРГАНИЗАЦИИ РАДИОЭЛЕКТРОННОГО КОМПЛЕКСА РОССИИ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ РАЗВИТИЯ

Макарова Н.С., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Введение

В современных условиях обеспечение долгосрочной конкурентоспособности организации возможно только с ориентацией на концепцию «устойчивого развития». В ней на первый план выходят потребности общества в целом с учетом политических, социально-экономических и экологических условий.

Концепция «устойчивого развития» — это «такое развитие цивилизации, которое отвечает нуждам сегодняшнего дня, не подвергая риску возможности последующих поколений людей удовлетворять их собственные потребности».

Эта концепция должна быть адаптирована под организацию радиоэлектронного комплекса (РЭК) России. Система менеджмента организации должна основываться на концепции «устойчивого развития», гибко реагировать на меняющиеся условия внешней и внутренней среды, не наносить вред настоящему и будущему благополучию организации РЭК России.

Таким образом, возникает важная научная задача — разработка в организациях РЭК России информационной модели системы менеджмента, способной:

— своевременно анализировать все факты и события, имеющие отношение к деятельности организации РЭК России;

— достоверно оценивать эти факты для выявления элементов улучшения;

— адекватно реагировать на все важные перемены во внешней и внутренней среде организации РЭК России;

— принимать не ухудшающие положение управленческие решения;

— позволить в конечном счете перейти от концепции «обеспечения качества продукции организации РЭК России» к концепции их «устойчивого развития».

В связи с этим разработка системы менеджмента устойчивого развития (СМУР) для организации РЭК России является актуальной и востребованной.

1. Система менеджмента устойчивого развития организации РЭК России

На рисунке 1 сформулированы концепция СМУР и развивающие её принципы.

Рис. 1 — Концепция и принципы СМУР организации РЭК России

СМУР представляет собой управленческий механизм обеспечения конкурентоспособности миссии организации на основе объединения взаимного дополнения и проникновения скоординированной деятельности организации РЭК России по всем направлениям, привлечение которых обусловлено «внешними» вызовами.

Организационной формой успешной деятельности организации РЭК России по всем направлениям является модель СМУР (рис. 2).

Миссия СМУР организации РЭК России — обеспечение положительной и долговременной динамики развития в интересах всех заинтересованных сторон организации РЭК России.

Стратегия СМУР, наделена механизмом адаптации к вызовам внешней и внутренней среды. Определяет способы и последовательность достижения главной цели, с конкретизацией направления сосредоточения основных усилий.

Сбалансированное развитие организации РЭК России по этим направлением — функция системы менеджмента устойчивого развития.

Такая скоординированная деятельность обеспечивает РОСТ ВОЗ-

МОЖНОСТИ существующей в настоящее время комплексной системы менеджмента (КМС) и непрерывность роста эффективности использования полной мощности организации РЭК России т. н. «устойчивое развитие».

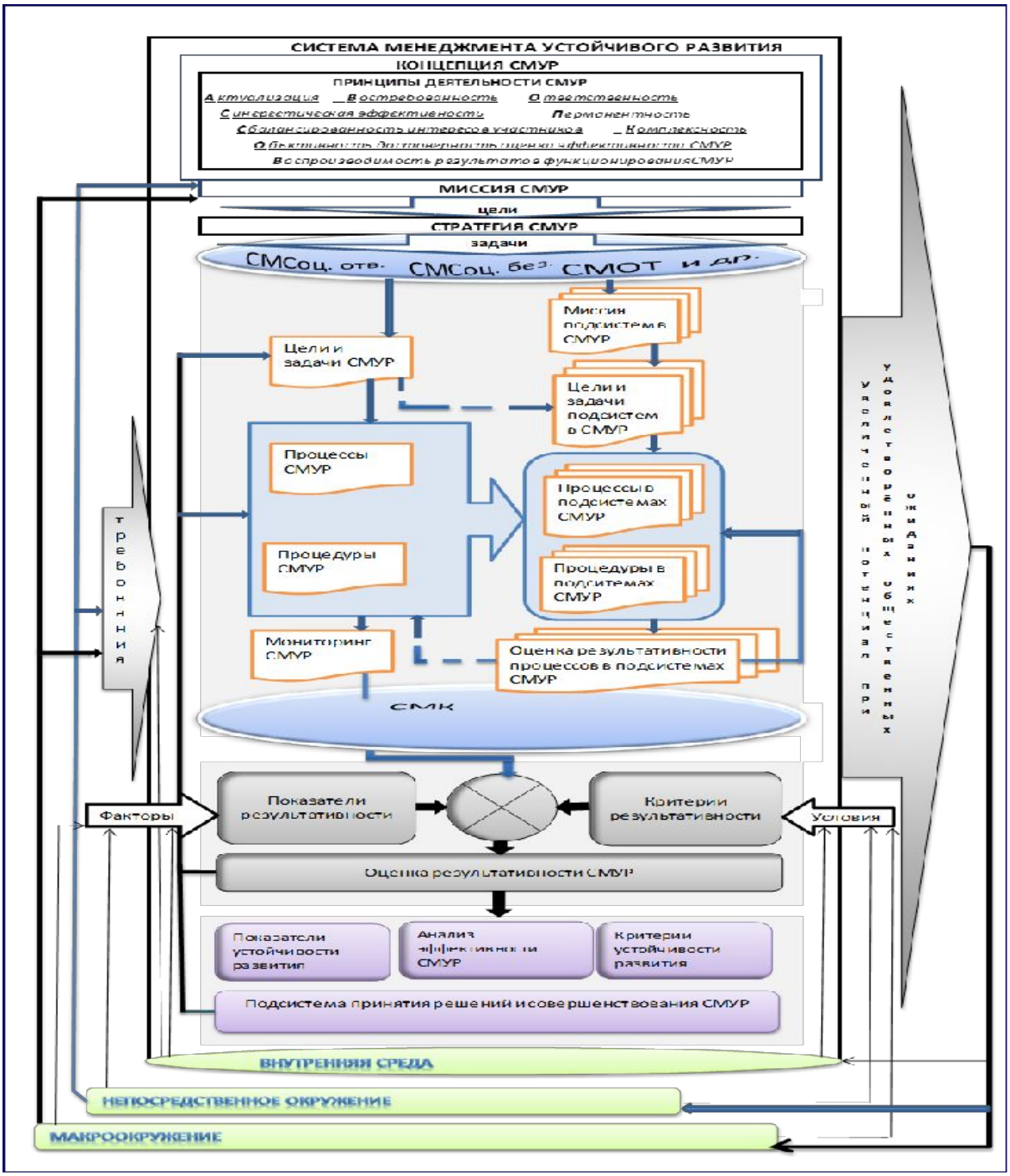


Рис. 2 – Модель СМУР

На рисунке 3 рассмотрен комплекс нормативно-методического обеспечения СМУР организации РЭК России.

Рис. 3 — Нормативно-методическое обеспечение СМУР

Иерархическая схема документированной СМУР организации РЭК России состоит из четырех уровней изображенных на рис. 4, где РМУР — Руководство по менеджменту устойчивого развития (основополагающий стандарт СМУР организации РЭК России), НД СМУР — нормативные документы системы менеджмента устойчивого развития организации РЭК России второго, третьего и четвертого уровней.

Рис. 4 — Иерархическая схема нормативных документов СМУР

2. Оценка эффективности СМУР

В рамках моделирования оценки эффективности СМУР организации РЭК России выделены две группы критериев оценки эффективности системы устойчивого развития организации РЭК России, учитывающих специфические особенности их деятельности (рис. 5).

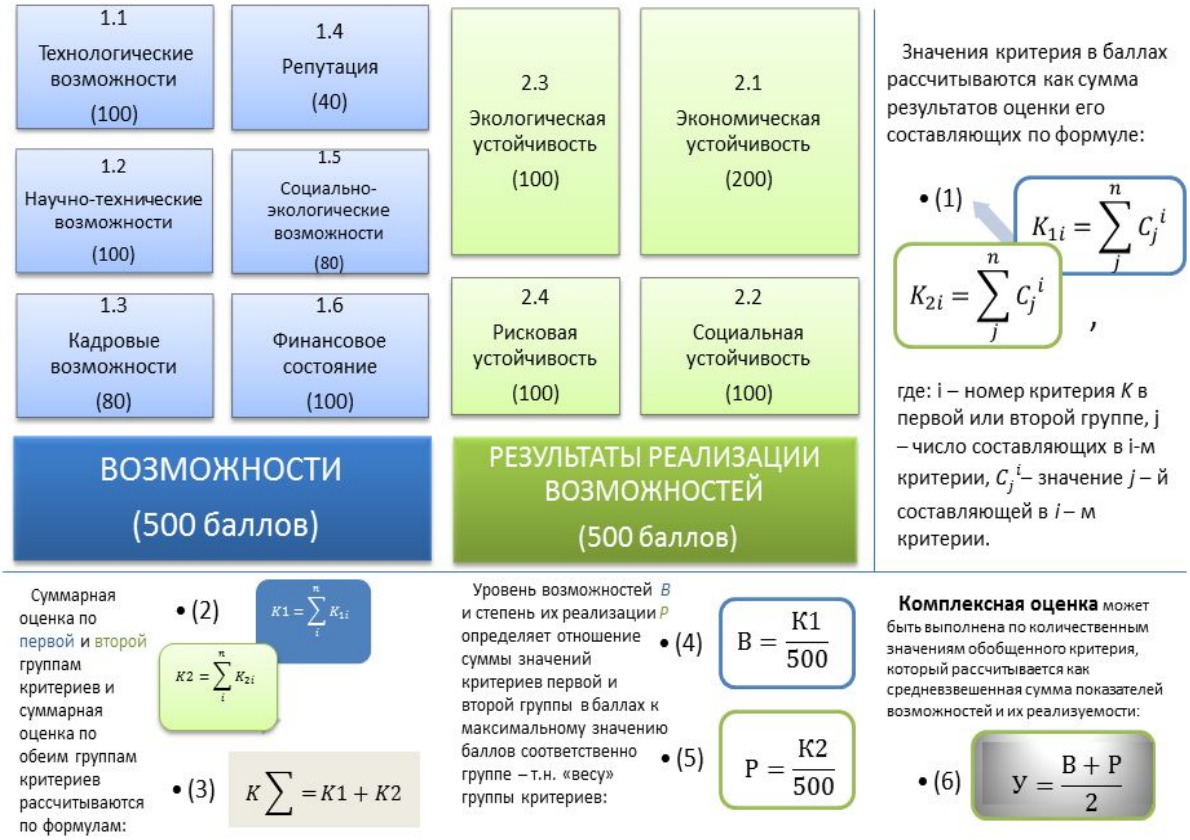


Рис. 5 – Модель оценки устойчивого развития

Количественные значения обобщенного критерия (У) соответствуют различным градациям характеристики устойчивости развития организации РЭК России и применяются для принятия управленческих решений (рис. 6).

Рис. 6 — Комплексная характеристика устойчивости развития организации РЭК России и количественное значение обобщенного критерия устойчивости

Заключение

Диагностика и идентификация проблем системы менеджмента организаций РЭК России на современном этапе их развития позволяет сделать вывод об актуальности и целесообразности разработки СМУР в организации РЭК России. Эта система должна быть адекватной современным условиям. В ее рамках целесообразно скоординировать все сферы жизненных интересов организации. Это даст возможность организации удовлетворить потребность общества в «качестве жизни» и обеспечить конкурентное преимущество на новом уровне зрелости, достигнутом в ходе развития организации РЭК России.

Библиографический список

1. Сидорин В.В. Система менеджмента устойчивого развития предприятий оборонно-промышленного комплекса // Методы менеджмента качества. — 2012. — № 1. — С. 14–17.

2. Николаев В.Е., Кузьмина Е.И., Николаев В.В. Инновации — обгонять не догоняя: система менеджмента устойчивого развития предприятий оборонной отрасли // Вестник качества. — 2011. — № 2. — С. 40–49.

3. Макарова Н.С. Оценка эффективности системы устойчивого развития предприятий оборонно-промышленного комплекса // Наукоёмкие технологии — 2012 — №2 — С. 24–30.

4. ГОСТ Р ИСО 9004–2010. Менеджмент для достижения устойчивого успеха организации. Подход на основе менеджмента качества.

УДК 658.5.011

УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ ПРЕДПРИЯТИЯ-РАЗРАБОТЧИКА РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ НА ОСНОВЕ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Покровская М.В., Сидорин В.В., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Введение

Инновационная деятельность предприятия-разработчика и изготовителя радиоэлектронных средств (РЭС), включающая этапы проектирования, разработки, производства и коммерциализации, может быть представлена чередованием этапов подъема, стабильности, стагнации, а

в особенно неблагоприятных обстоятельствах – и спадов. Сочетание двух подходов к развитию и улучшению деятельности предприятия - реинжиниринга (reengineering) и kaizen является наиболее адекватным для обеспечения устойчивого развития предприятия [1]. Эффективность их применения и сочетания заключается в своевременном переходе от kaizen к реинжинирингу, в выборе направлений осуществляемых изменений, а также в выделении необходимых для этого ресурсов.

1. Модель устойчивого развития предприятия-разработчика и изготовителя РЭС на основе инновационной деятельности

В основе представленной модели устойчивого развития предприятия-разработчика и изготовителя РЭС - его инновационная деятельность, где и цель реинжиниринга и объект деятельности kaizen – инновации, принципиально новые разработки РЭС, новизна и качество которых обеспечивают их коммерциализацию. «Потенциал» реинжиниринга направляется на создание принципиально новых РЭС и технологий их изготовления с целью повышения эффективности деятельности предприятия от начального значения $Э_0$ до $Э_1$ (рис.1). Инновационный подход к обеспечению своего устойчивого развития означает для предприятия формирование траекторию своей деятельности как чередование реинжиниринга, состоящего в создании и реализации инновационной продукции, с kaizen – постоянным улучшением деятельности предприятия при устойчивом, но уже не столь интенсивном повышении эффективности свой инновационной деятельности с последующим переходом к поиску новой цели инновационной деятельности, его внедрения и реализации для достижения все более новых показателей результативности и эффективности.

Создание и выпуск инновационных РЭС в качестве основы повышения эффективности и потенциала устойчивого развития предприятия включает решение преимущественно инженерно-технических вопросов – создание новых конкурентоспособных РЭС, выполнение научно-исследовательских, опытно-конструкторских работ, производственных задач. Своевременность реинжиниринга, принципиальных изменений, поиск перспективных направлений развития, разработка новых технических решений в РЭС базируется на менеджменте риска, инновационном и стратегическом менеджменте, бенчмаркинге.

На рис.1 представлена траектория развития предприятия как чередование «возбуждаемых» инновациями волн с этапами: реинжиниринг-kaizen-спад. В течение временного интервала T_0-T_1 деятельность предприятия характеризуется значением $Э_0$ эффективности его инновационной деятельности.

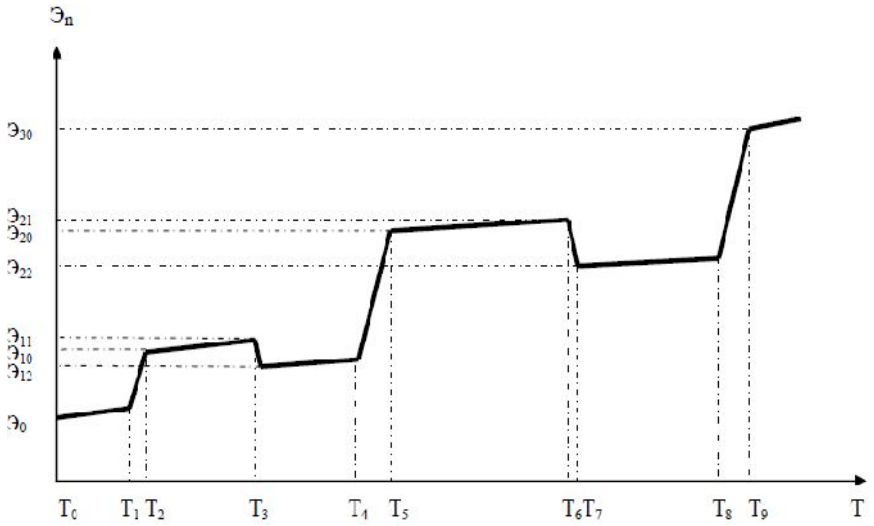


Рис.1.Траектория развития предприятия-разработчика и изготовителя РЭС на основе инновационной деятельности

Этот уровень в течение временного интервала T_0-T_1 удерживается и постоянно повышается методами менеджмента качества. Создание инновационных РЭС и требуемый для этого реинжиниринг выводят за время T_1-T_2предприятие на значительно более высокий уровень эффективности $Э_{10}$, который в течение временного интервала T_2-T_3 в «режиме» kaizen удерживается или повышается до значения $Э_{11}$, а затем несколько снижается до значения $Э_{12}$ с тем, чтобы в «режиме» kaizen удерживаться в течение времени T_3-T_4. Причина этого - утрата предприятием своих исключительных прав на выпуск разработанных РЭС и снижение своих конкурентных преимуществ от реализации своей инновационной продукции, Потребность в повышения конкурентоспособности выводит затем предприятие за счет возобновления инновационной деятельности и разработки нового РЭС в течение времени T_4-T_5 на еще более высокий уровень $Э_{20}$. Повышение его в «режиме» kaizen за время T_6-T_7 до уровня $Э_{21}$, а затем снижение до значения $Э_{22}$ и удержание на этом уровне в течение времени T_7-T_8 до следующей инновации за время T_8-T_9 происходит по тем же причинам.

2. Инновационные стратегии предприятия-разработчика и изготовителя РЭС

Возможные варианты различных видов стратегии, обеспечивающие предприятию устойчивость и эффективность деятельности в той или иной степени основаны на инновационной деятельности:

1. Переход на выпуск новых РЭС и технологий их изготовления без изменения системы менеджмента предприятия.

2. Расширение номенклатуры выпускаемых РЭС и изменения в технологии без изменения системы менеджмента предприятия.

3. Изменение системы менеджмента предприятия без изменения вида выпускаемых РЭС.

4. Расширение номенклатуры РЭС и изменение технологических процессов с одновременным изменением системы менеджмента предприятия.

5. Изменение внешней конфигурации предприятия без изменения номенклатуры выпускаемых РЭС. Эти изменения могут относиться, в частности, к системе взаимодействия с поставщиками, потребителями, ключевыми партнерами и др. условиям взаимодействия с внешней средой предприятия).

6. Изменение внешней конфигурации предприятия с переходом на новые виды выпускаемых РЭС.

7. Изменение внутренней и внешней конфигурации предприятия с переходом на новые виды выпускаемых РЭС.

Изменение затрат З (от $З_1$до $З_7$) на повышение эффективности деятельности предприятия Э с уровня $Э_1$ до $Э_7$ иллюстрирует диаграмма Парето (рис.2).

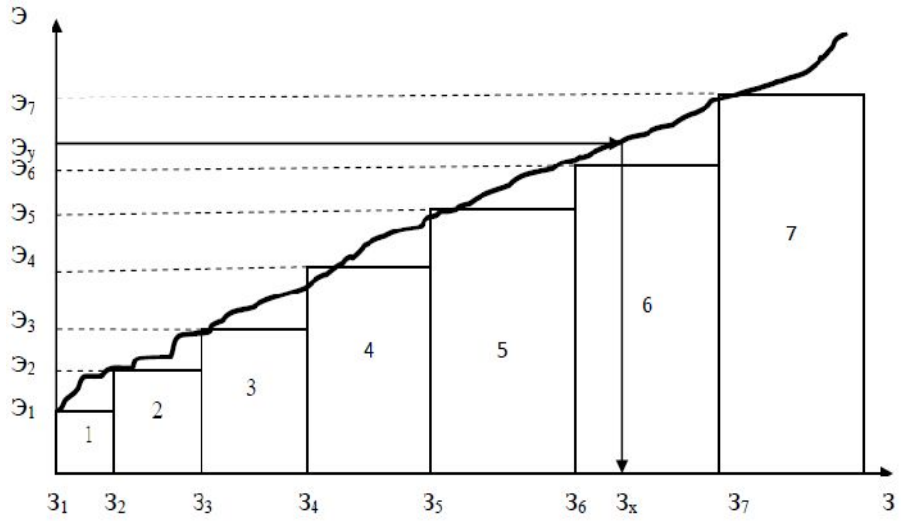


Рис.2. Зависимость эффективности деятельности предприятия-разработчика и изготовителя РЭС от реализации различных видов инновационной стратегии

Интервал значений затрат на достижение одного и того же уровня эффективности указывает на различные возможности предприятий по достижению одних и тех же показателей в своей деятельности по различным причинам. Широкий спектр возможных причин включает и различный уровень технической оснащенности, и состояние инфраструктуры, и кадровое обеспечение и уровень зрелости системы менеджмента предприятия.

Исходя их требуемых затрат и своих возможностей предприятие выбирает ту или иную стратегию. Исходной позицией в этом выборе является условие обеспечения своей конкурентоспособности по тому ли иному показателю, значение которого/которых оценивается методами бенчмаркинга.

Алгоритм выбора стратегии включает этапы:

- анализ конкурентной среды и установление предприятием количественных и/или качественных ориентиров для своего развития в сравнении с конкурентами;
- формулирование и установление предприятием измеримых целевых показателей в своей инновационной деятельности;
- определение значения требуемого для обеспечения своей конкурентоспособности уровня эффективности $Э_у$ (на оси ординат графика на рис.2);
- определение размера затрат на достижение требуемого уровня эффективности $З_х$ (на оси абсцисс графика на рис.2).

3. Факторы, влияющие на снижение эффективности инноваций

Третья волна (рис.1) в траектории развития предприятия на основе инновационной деятельности – снижение ранее достигнутой эффективности также требует затратных мероприятий для «спрямления» траектории с целью удержания показателей эффективности на достигнутом уровне или, по меньшей мере, удержания состояния конкурентоспособности в условиях «настигающих» конкурентов, освоивших с некоторой временной задержкой тот же или аналогичный инновационный продукт [2-4]. Основные причины спада эффективности инновационной деятельности предприятия включают:

1. Потеря исключительных прав на производство инновационной продукции и расширение номенклатуры аналогов РЭС.
2. Снижение конкурентоспособности РЭС по различным показателям (качеству, цене, соотношению «цена-качество» и др.).
3. Неэффективность менеджмента предприятия-разработчика изготовителя (неоптимальная организационная структура, структура и состав процессов, их взаимодействие, менеджмент и компетентность персонала и др.).
4. Неэффективность стратегии предприятия.
5. Неблагоприятные изменения в социально-политической обстановке, кризисные явления в экономике отрасли, страны, в мире.

Причины снижения эффективности деятельности предприятия на траектории развития перечислены в порядке повышения степени их значимости, масштабности, сложности и, соответственно, затрат на преодоление. Причем, каждая следующая по возрастанию значимости причина спа-

да одновременно является и источником возникновения и причиной проявления факторов менее значимых (рис.3).

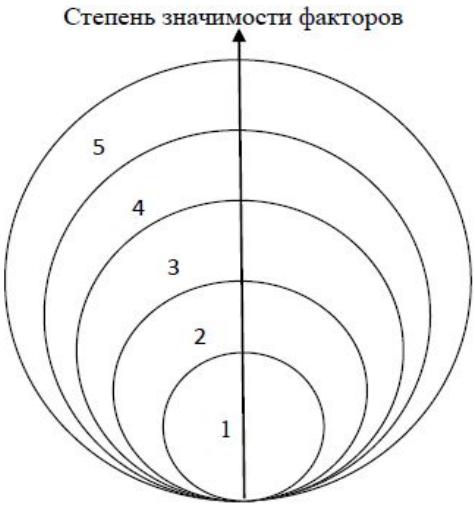


Рис. 3. Структура факторов снижения эффективности инновационной деятельности предприятия-разработчика и изготовителя РЭС

Так, неэффективность менеджмента предприятия (третий фактор) приводит к проявлению факторов низших уровней - первого и второго из перечисленных, т.е. и к снижению конкурентоспособности продукции предприятия по различным показателями к утрате статуса исключительности в выпуске инновационного продукта вследствие появления на рынке аналогичной продукции от предприятий–конкурентов. Неблагоприятная социально-политическая и экономическая обстановка на различных уровнях – от общемировых до отраслевых и ведомственных (пятый фактор) вызывает реализацию последствий от рисков низшего порядка – от четвертого до первого из перечисленных в различных их сочетаниях.

Заключение

Рассмотренная модель устойчивого развития предприятия на основе инновационной деятельности с учетом волнообразного характера ее траектории совместно с рассмотренными семью видами стратегии, алгоритмом выбора наиболее приемлемой из них может быть использована предприятиями как инструмент, дополняющий систему менеджмента предприятия, стратегического менеджмента, в частности.

Библиографический список

1. Сидорин А.В. Математическая модель устойчивого развития предприятия // Интернет-журнал «Науковедение» – 2012. - №3 (12) [Элек-

тронный ресурс].-М. 2012- Ид.номер ФГУП НТЦ "Информрегистр" 0421100136008. – Режим доступа: http://naukovedenie.ru/sbornik6/4.pdf, свободный – Загл. с экрана.

2. Сидорин А.В., Макарова Н.С. // Модель и функции системы менеджмента устойчивого развития предприятия // Современные исследования социальных проблем (электронный научный журнал). - № 4(12).2012, www.sisp.nkras.ru. URL: http://sisp.nkras.ru/e-ru/issues/2012/4/- Идентификационный номер статьи, присвоенный НТЦ «Информрегистр».

3. Сидорин В.В. Система менеджмента устойчивого развития предприятий оборонно-промышленного комплекса // Методы менеджмента качества. – 2012. - №1. -С.14-17. №2. - С.16-22.

3. Сидорин А.В., Сидорин В.В., Покровская М.В. Основные положения организационно-методического обеспечения качества научно-технической продукции в техническом университете // Материалы Международной научно-технической конференции «Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения», 3-6 декабря 2013, г. Москва, М.:МИРЭА, 2013,- часть 6. -С.64-70.

4. Сидорин А.В., Макарова Н.С. // Модель и функции системы менеджмента устойчивого развития предприятия // Современные исследования социальных проблем (электронный научный журнал). - № 4(12).2012, www.sisp.nkras.ru. URL: http://sisp.nkras.ru/e-ru/issues/2012/4/- Идентификационный номер статьи, присвоенный НТЦ «Информрегистр».

УДК 658.5.011

МОДЕЛЬ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ-РАЗРАБОТЧИКА РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ НА ОСНОВЕ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Покровская М.В., Сидорин В.В., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Введение

Синергетическое сложение потенциала производственных предприятий, научных организаций и технического университета, их объединение в учебно-научно-производственный инновационный кластер - наиболее эффективный подход к решению проблемы обеспечения качества радиоэлектронных средств (РЭС) военного и двойного назначения является [1,2]. Основополагающий принципа деятельности УНПК - пропорциональное и сбалансированное распределение консолидированных ресурсов всех участников кластера для достижения их общей цели – конкурентоспособ-

ности РЭС и устойчивого развития всех участников кластера. Реализация принципа сбалансированного распределения ресурсов в кластере приводит взаимодействию производственных предприятий радиоэлектронного комплекса (РЭК), научных организаций и образовательных учреждений – технических университетов на условиях их участия в создании РЭС на тех этапах жизненного цикла продукции, которые в большей степени свойственны роду их основной деятельности. При таком подходе технический университет наибольший вклад в создание РЭС концентрирует на ранних этапах жизненного цикла - проектировании и разработке РЭС. Эффективность выполнения поисковых и прикладных научно-исследовательских работ (НИР) в кластере достигается взаимодействием технического университета с научными организациями, а производства продукции и инновационной деятельности в партнерстве с предприятиями РЭК. Кроме создания наукоемкой продукции – РЭС университету отводится также ключевая роль в подготовке кадрового потенциала для предприятий и организаций кластера. Эффективное взаимодействие технического университета с предприятиями РЭК достигается деятельностью системы обеспечения качества (СОК), особенность которой заключается в ее организационной структуре, принципах деятельности, совокупности процессов и процедур. Особенность СОК заключается также и в том, что она объединяет общей целью деятельность систем менеджмента качества (СМК) всех участников кластера (рис.1). Объединяя различные по своим целям и задачам СМК предприятий и технического университета, СОК кластера решает общую для всех участников задачу, а именно – обеспечение конкурентоспособности и устойчивого развития всех участников кластера на основе качества всех результатов их деятельности.

2 Организационная структура системы обеспечения качества РЭС

Обеспечение качества РЭС на этапах проектирования и разработки, выполняемых техническим университетом во взаимодействии с организациями фундаментальной и прикладной науки и предприятиями РЭК в кластере, достигается выполнением совокупности основных, обеспечивающих и управляющих процессов.

Нормативная модель системы обеспечения качества РЭС определяет и устанавливает:

- принципы деятельности разработчика РЭС - технического университета в кластере;
- процессы и процедуры, выполняемые для обеспечения качества разрабатываемых и поставляемых предприятиям и организациям-потребителям РЭС военного и двойного назначения;
- сбалансированное распределение функций, полномочий и ответ-

ственности всех участников процесса создания РЭС;

- мониторинг деятельности системы обеспечения качества.

Организационная структура системы и информационное взаимодействие ее основных элементов представлена на рис.2. Функционирование системы обеспечивается комплексом нормативно-методических документов, с помощью которых осуществляется взаимодействие технического университета с предприятиями РЭК и организациями науки, участвующими в создании РЭС.

Рис.2 Структура системы обеспечения качества РЭС в кластере

Основополагающие принципы системы, определяющие ее эффективность, включают:

- комплексный подход к обеспечению качества РЭС;
- приоритет требований предприятий РЭК России к качеству совместно создаваемой научно-технической продукции;
- управление требованиями и изменениями на всех этапах жизненного цикла создаваемых РЭС;
- научно-организационное и нормативно-методическое сопровождение создаваемой продукции – РЭС на всех этапах жизненного цикла;
- мониторинг качества РЭС;

- маркетинговые исследования и бенчмаркинговый подход к организации работ по созданию РЭС военного и двойного назначения.

В основе системы – комплекс стандартов «Система разработки и постановки продукции на производство (СРПП)», военных стандартов «Система разработки и постановки продукции на производство. Военная техника (СРПП ВТ)», стандарты Комплексной системы контроля качества (КСКК), положения концепции Всеобщего менеджмента качества (Total Quality Management - TQM), международные стандарты качества ИСО 9000, 9001, 9004 и других документы (рис.3).

Работы по созданию, разработке и реализации радиоэлектронных средств военного и двойного назначения в техническом университете выполняет научно-исследовательское подразделение (НИП), кафедра в частности, включающее в свой состав специалистов различных категорий, включая административно-управленческий персонал; руководящий состав (руководители работ, направлений), исполнителей – научный и профессорско-преподавательский персонал, инженерно-технический и учебно-вспомогательный персонал.

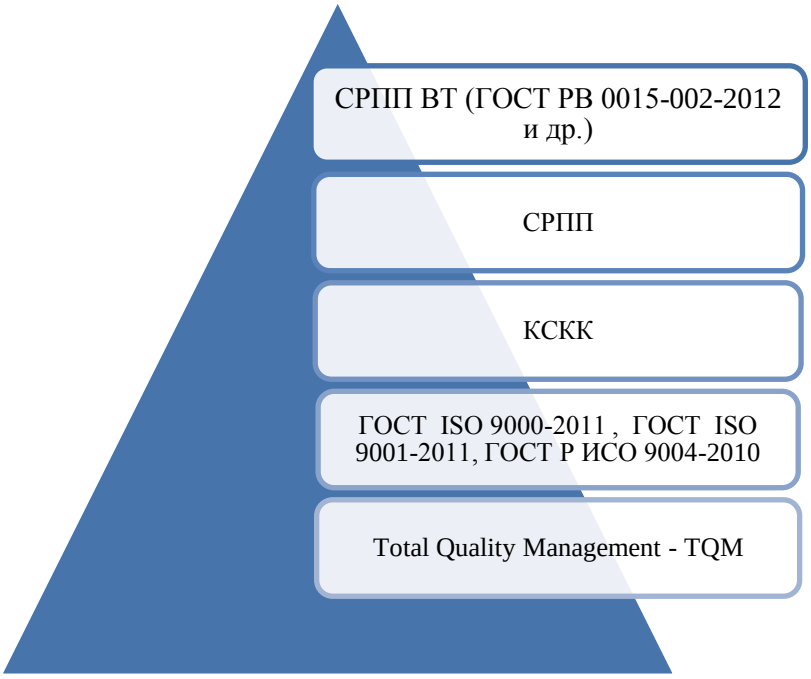


Рис.3 Нормативно-методическая база системы обеспечения качества РЭС

Организационная структура НИП технического университета включает подразделения (рис.4):

- выполняющие процессы разработки и реализации радиоэлектронных средств военного и двойного назначения;
- выполняющие процессы, обеспечивающие условия для успешной разработки и реализации радиоэлектронных средств военного и двойного назначения НИП технического университета;

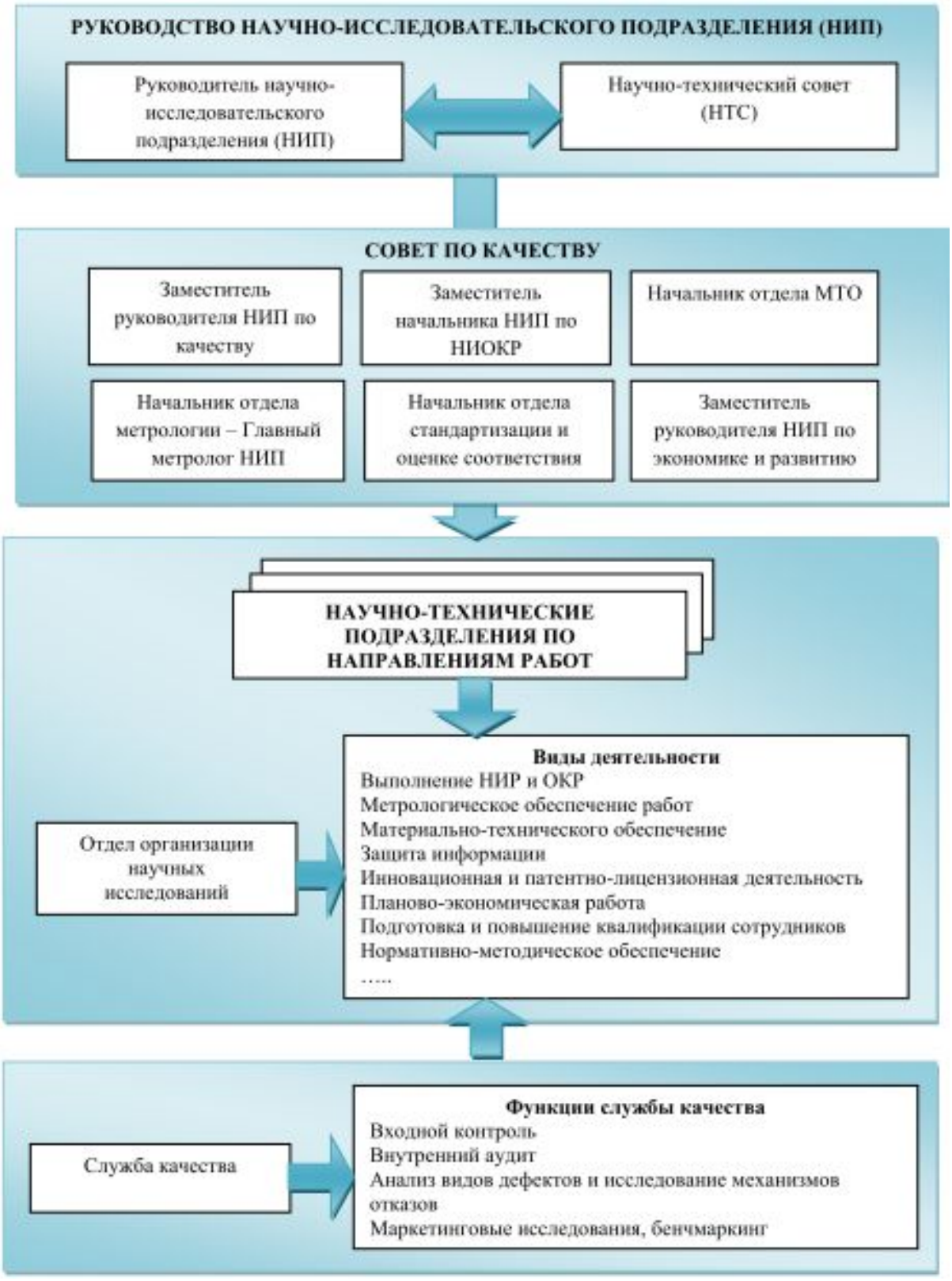


Рис.4 Организационная структура научно-исследовательского подразделения технического университета – разработчика РЭС

- выполняющие процессы управления разработкой и предоставлением потребителям радиоэлектронных средств военного и двойного назначения соответствующего качества;
- общеуниверситетские подразделения, участвующие в деятельности НИП.

3 Структура и функции системы обеспечения качества РЭС

Система обеспечения качества РЭС военного и двойного назначения, создаваемых в НИП технического университета, устанавливает основные принципы деятельности системы, а также:

- определяет функции, ответственность и полномочия руководства и ведущих специалистов НИП;

- создает основу и обеспечивает контроль результативности и эффективности деятельности системы посредство проведения внутренних проверок, анализа со стороны руководства, пересмотра, актуализации документов, разработки и осуществление управляющих действий.

Научно-методическую основу СОК составляет процессный и комплексный подход к обеспечению качества РЭС, политика, цели и задачи НИП, методы оценки результативности и эффективности, мониторинг, управление рисками, разработка и реализация корректирующих и предупреждающих действий (рис.5).

Рис.5 Научно-методические основы системы обеспечения качества РЭС

Библиографический список

1. Сидорин В.В., Покровская М.В. Основные положения организационно-методического обеспечения качества научно-технической продукции в техническом университете // Материалы Международной научно-технической конференции «Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения», 3-6 декабря 2013, г. Москва, М.:МИРЭА, 2013, часть 6, с.64-70.

2. Сидорин В.В., Покровская М.В. Структура и состав нормативно-методического обеспечения качества научно-технической продукции технического университета // Материалы Международной научно-технической конференции «Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения», 3-6 декабря 2013, г. Москва, М.:МИРЭА, 2013, часть 6, с.100-104.

УДК 658.5.011

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИННОВАЦИЙ НА ЭТАПЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Покровская М.В., Сидорин В.В., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Введение

Инновационные разработки предприятия в современных экономических условиях – наиболее перспективное направление в его стратегии для достижения и поддержания состояния устойчивого развития на основе конкурентоспособности своей продукции. При создании такой наукоемкой и высокотехнологичной продукции как радиоэлектронные средства (РЭС) особое значение приобретает прогнозирование эффективности инновационной деятельности, позволяющая на этапе разработки и проектирования предварительно оценить целесообразность разработки и производства в долгосрочной перспективе. В настоящей работе рассмотрен подход к прогнозированию эффективности инновационной деятельности при создании РЭС, основанный на волновой теории инноваций [1,2]. Волновая модель возникновения и распространения инноваций позволяет провести анализ динамики изменения востребованности разрабатываемых РЭС и прогнозировать своевременность и целесообразность их модернизации, снятия с производства, перехода к разработке и выпуску новой продукции, реинжинирингу предприятия.

1. Волновая модель изменения эффективности инновационного процесса создания РЭС

Инновационный процесс создания РЭС включает следующие основные этапы: разработка и проектирование с закреплением прав приоритета, производство, распространение в потребительской среде, применение (эксплуатация).

Динамика изменения эффективности результатов инновационной деятельности при создании РЭС – новых изделий, технологий, веществ, составляющих предмет изобретений или полезных моделей, согласно волновой теории инноваций моделируется колебательным процессом с уменьшающейся со временем амплитудой (рис.1). Воздействие инновационного РЭС соответствует амплитуде импульса в волновом процессе распространения возмущающих колебаний. Колебания с уменьшающейся амплитудой представляют собой распространение и существование в потребительской среде новых РЭС, создаваемых и выпускаемых его изготовителями.

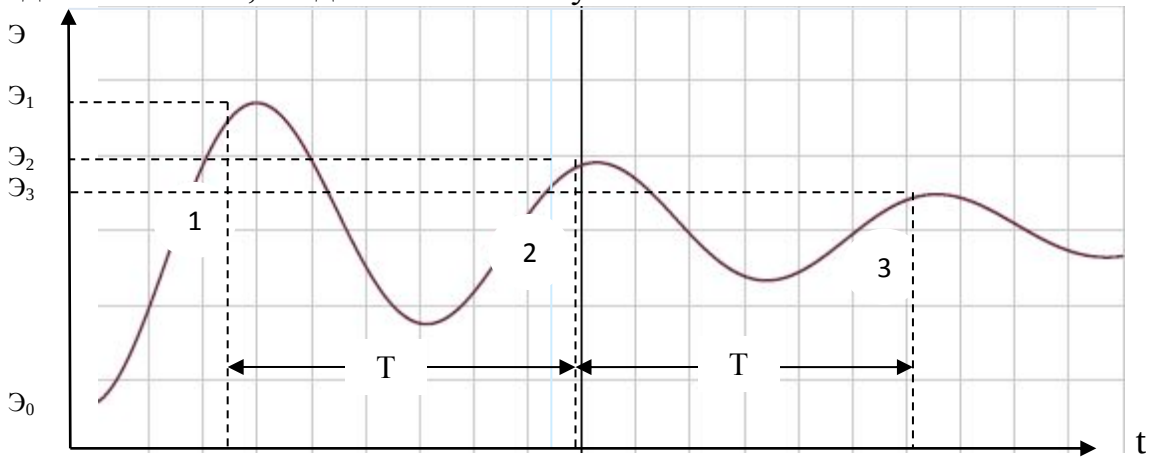


Рис.1 Волновой процесс распространения инновационных РЭС

Амплитуда инновационной волны Э(t) снижается со временем, по мере ее распространения по экспоненциальному закону:

$$Э(t) = Э_0 + Э_0 e^{-\delta t} e^{-j(\omega t - \varphi)} + kt, \quad (1)$$

где $Э_0$ – начальный технический уровень аналогичной продукции, или эффективность деятельности предприятия-создателя инновационного РЭС, φ – начальная фаза волнового процесса распространения инновационного РЭС, т.е. значение эффективности деятельности предприятия-создателя инновационного РЭС в момент времени t=0), δ - показатель снижения эффективности инновационного процесса (в частности, прибыли от реализации созданного РЭС), *k* – коэффициент влияния разработанного РЭС, его конструкции, технологии производства на уровень развития конструиро-

вания и технологии производства в радиоэлектронике.

Относительное изменение эффективности разработанного РЭС во времени, нормированное к начальному уровню эффективности предприятия-создателя инновации $Э_0$, принимает вид:

$$\overline{Э(t)} = 1 + e^{-\delta t} e^{-j(\omega t - \varphi)} + \frac{1}{Э_0} kt \qquad (2)$$

Эффективность разработанного РЭС, оцениваемая по амплитуде инновационной волны $\overline{Э_n}$ с периодом Т, скорости ее распространения и ослабления, зависит от многих факторов, основные из которых – оригинальность конструкции и технологии, принципиальная, техническая, конструктивная и технологическая сложность, защищающая его от законного и несанкционированного изготовления и распространения, технологический уровень разработки, технологическая готовность предприятия к освоению и выпуску.

Значение фактора снижения эффективности разработанного РЭС из (1)-(2) определяется как:

$$\delta = -\frac{1}{t} ln \frac{\overline{Э(t)} - \frac{k}{Э_0} t - 1}{\left[\cos\left(2\pi\frac{t}{T} + \varphi\right) - j \sin\left(2\pi\frac{t}{T} + \varphi\right)\right]} \qquad (3)$$

Первая волна в инновационном процессе создания и применения РЭС -возмущение в конкурентной и потребительской среде относится к ее созданию и использованию его создателем – предприятию-разработчику и изготовителю, а последующие соответствуют процессам у «вторичных» изготовителей, копирующим или воспроизводящим инновационный продукт на различных условиях. Первая волна соответствует динамике изменения эффективности деятельности предприятия-разработчика и изготовителя в зависимости от темпов освоения и выпуска РЭС. Подъем соответствует росту эффективности от производства и реализации продукции, отрезок стабильности – удержание достигнутой эффективности, спад эффективности – появление аналогов в нарушение прав приоритета, контрафактной продукции. Крутизна и продолжительность этапов зависят от степени инновационности разработанных РЭС, показателей деятельности предприятия-разработчика и изготовителя и его конкурентов, состояния потребительской среды.

Вторая волна соответствует появлению контрафактных РЭС. Снижение вследствие этого эффективности разработанных РЭС для предприятий-разработчиков и изготовителей сопровождается извлечением прибыли и повышением эффективности предприятий, выпускающих контрафактные аналоги инновационных РЭС.

Изменению эффективности предприятий, освоивших выпуск инновационной продукции на законных основаниях, по лицензии предприятия-

правообладателя соответствует третьему максимуму на графике волнового процесса.

Динамика изменения эффективности от реализации разработанных инновационных РЭС предприятиями, освоивших их выпуск после окончания срока прав приоритета, выражается в волновом процессе четвертым максимумом.

Появление модернизированных аналогов разработанного РЭС на его основе соответствует пятому максимуму в волновом процессе.

2. Прогнозирование эффективности инновационных РЭС

Прогнозирование и оценка эффективности от выпуска и реализации разрабатываемых РЭС на основании известных сроков действия прав приоритета на различные виды инновационной продукции по соотношению (3) представлена на рис. 2. Временная шкала (t) развития инновационного процесса установлена с учетом Российского патентного права, согласно которому срок действия исключительных прав на изобретение, составляет 20 лет, на промышленный образцы -15, а на полезные модели -10 лет. С момента создания РЭС и законодательно закрепленного права на его разработку и распространения предприятия четвертой группы могут начинать их освоение и выпуск после окончания срока действия исключительных прав первопользователя через 20, 15 или 10 лет в зависимости от вида инновационного продукта. При упрощающем допущении о временно́й эквидистантности предприятий всех рассмотренных выше категорий, выпускающих один вид инновационного РЭС, значение периода волнового процесса Т составляет соответственно 5 лет для изобретений, 3,6 года для промышленных образцов и 2,5 года для полезных моделей.

На рис.2 представлен один из частных случаев прогноза и оценки по представленной модели процесса распространения разработанного РЭС с периодом в 5 лет, что соответствует выпуску и реализации РЭС, защищенного патентом на изобретение. Исходными данными для расчета параметров инновационной волны были выбраны: $\delta = 0{,}2$ (показатель снижения эффективности инновационного процесса со временем), $k/Э_0=0{,}03$ ($k/Э_0$– относительный коэффициент влияния инновации на уровень развития в соответствующей области) и нормированный начальный уровень эффективности предприятия-разработчика РЭС $Э(0)=0{,}6$.

Представленный на графике волновой процесс распространения разработанного РЭС иллюстрирует то обстоятельство, что предприятие-правообладатель извлекает значительный эффект от реализации разработки в течение первых четырех лет его существования, причем максимум эффекта приходится на первый и второй годы его реализации. Интенсивный рост достигает максимума, превышающего начальный уровень эффек-

тивности $Э_0$. Скорость повышения эффективности и достигаемые при этом значения зависят от уровня инновационности РЭС, спроса, других факторов. В течение третьего года происходит снижение эффективности из-за появления контрафактных аналогов РЭС. Пройдя максимум эффективности от реализации разработанного РЭС, предприятие-разработчик тем не менее повышает в итоге эффективность своей деятельности, способствуя также своей инновационной деятельностью на развитие радиоэлектроники в целом и смежных отраслей.

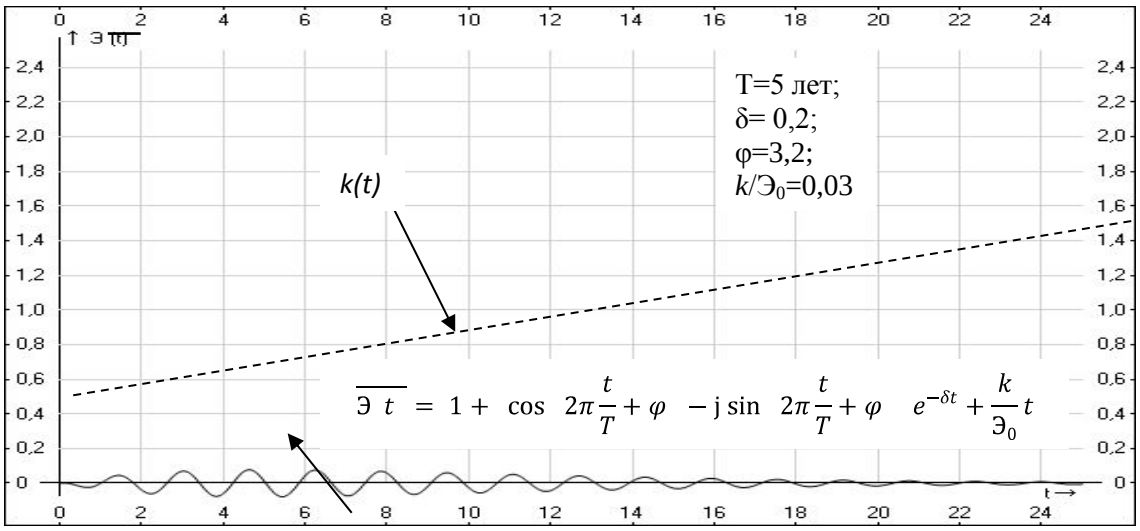


Рис.2 Инновационная волна распространения изобретения (устройство, способ, лекарственные средства, пестициды, агрохимикаты)

Заключение

Представленный подход к прогнозированию и оценке эффективности результатов инновационной деятельности при создании РЭС в своей основе содержит ряд упрощений, допущений и ограничений, отдаляющий теорию от реальности. Эти упрощения, допущения и ограничения требуют своего анализа и развития рассмотренной модели волнового процесса с целью ее уточнения на основе изучения и моделирования влияния факторов внешней и внутренней среды предприятия-разработчика РЭС, уровня инновационности РЭС, параметров конкурентной среды.

Библиографический список

1. Сидорин А.В., Сидорин В.В. Волновая теория инноваций. Интернет-журнал «Мир науки», 2014 №3 (5) [Электронный ресурс]-М.: Мир науки, 2014 -.- Режим доступа: http://mir-nauki.com/sbornik3/5.pdf, свободный. – Загл. с экрана. — Яз. рус., англ.

2. Сидорин А.В., Сидорин В.В., Покровская М.В. Менеджмент качества процесса «Проектирование и разработка научно-технической продукции» в техническом университете на основе кластерного подхода. Вестник качества, № 4, 2014, с.12-30.

УДК 658.5.011

КВАЛИФИКАЦИОННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА – ИНСТРУМЕНТ УПРАВЛЕНИЯ КОМПЕТЕНТНОСТЬЮ ВЫПУСКНИКОВ ВУЗОВ И СПЕЦИАЛИСТОВ ПРЕДПРИЯТИЙ

Сидорин А.В., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Введение

Конкурентоспособность выпускников вузов и специалистов предприятий определяется степенью соответствия их компетентности и квалификации требованиям рынка труда [1]. Квалификация определяется уровнем подготовки выпускников вузов и степенью соответствия специалистов или выпускников вуза определённому уровню профессиональных требований. Федеральные образовательные стандарты своей целью видят формирование у выпускников вузов совокупности компетенций, т.е. способности успешно действовать на основе практического опыта, умения и знаний при решении профессиональных задач. Совокупность компетенций определяет в свою очередь компете́нтность — наличие знаний и опыта, необходимых для эффективной деятельности в заданной предметной области.

В настоящее время компетентность как совокупность компетенций выпускников вузов устанавливается при их аттестации, а актуализация профессиональных компетенций специалистов предприятий, уровень их квалификации осуществляется в результате повышения их квалификации. Отсутствие согласованных с работодателем критериев аттестации в вузе приводит к несовпадению результатов аттестации, т.е. оценкой компетентности и компетенций и оценкой квалификации специалиста рынком труда [2]. Следствием этого является необходимость либо повышения квалификации в начале трудовой деятельности специалиста, либо его перепрофилирование с целью освоения смежных и дополнительных дисциплин вплоть до смены профессии. В условиях практической деятельности аттестация специалиста также не позволяет своевременно определить необходимость, направление и глубину требуемых изменений в совокупности компетенций специалиста, а также оценить затраты на них [3,4].

1. Квалификационная характеристик – методическая основа управления компетентностью

Предложенный метод позволяет повысить объективность аттестации и дает возможность оценки компетенций выпускников вузов и специалистов на всех этапах их подготовки и практической деятельности. В основе метода - следующие исходные положения:

- обучающийся, выпускник вуза или специалист оценивается по совокупности квалификационных параметров (характеристик) – компетенций (показателей качества);
- конкурентоспособность специалиста - степень соответствия совокупности квалификационных характеристик предъявляемым требованиям, его качество;
- качество подготовки оценивается соотношением значений показателей качества на оцениваемый момент времени и значений соответствующих показателей в предъявляемых требованиях;
- показатели качества подготовки и их совокупность устанавливаются в зависимости от целей и задач оценки;
- компетенции формируется в непрерывном процессе обучения и трудовой деятельности и являются объектом управления и совершенствования;
- совокупность компетенций - квалификационная характеристика является объективным свидетельством позиции выпускника вуза и специалиста предприятия на рынке труда и средством управления его конкурентоспособностью.

Сущность метода заключается в следующем.

Совокупность профессиональных компетенций выпускников вуза и специалиста предприятия отображается в виде круговой диаграммы – совокупности n секторов – квалификационных характеристик (рис.1), на которой:

- B_n - уровень подготовки по каждому из n квалификационных характеристик - компетенций;
- B – профессиональная компетентность, т.е. совокупность компетенций;
- C_n - максимально возможное значение n-й квалификационной характеристики (размер шкалы);
- A_n - уровень (уровни) требований к по соответствующим квалификационным характеристикам, компетенциям, значение, устанавливаемое работодателем, аттестационной комиссией.

Совокупность квалификационных характеристик на круговой диаграмме соответствует площади круга (πC_n^2). Значение радиуса C_n является

значением квалификационной характеристики (компетенции), максимально достижимого на оцениваемый период и соответствующего высшей степени осведомленности в соответствующей области знаний.

Число n-секторов на круге радиуса C_n соответствует числу квалификационных характеристик, по которым оценивается специалист. Угловой размер сектора определяет значимость каждой квалификационной характеристики в системе оценок, т.е. является ее весовым коэффициентом. Таких секторов в рассматриваемом частном случае восемь, что соответствует одному из возможных вариантов оценки специалиста по восьми компетенциям. Площадь каждого из секторов на круге площадью (πC_n^2) ограниченная частью окружности радиуса C_n и соответствующими радиус-векторами, соответствует максимально возможному, наивысшему уровню владения знаниями, опытом, умениями по одной из n компетенций. Общая площадь круга (πC_n^2) равная сумме площадей отдельных секторов означает наивысший уровень квалификации в соответствующей профессии.

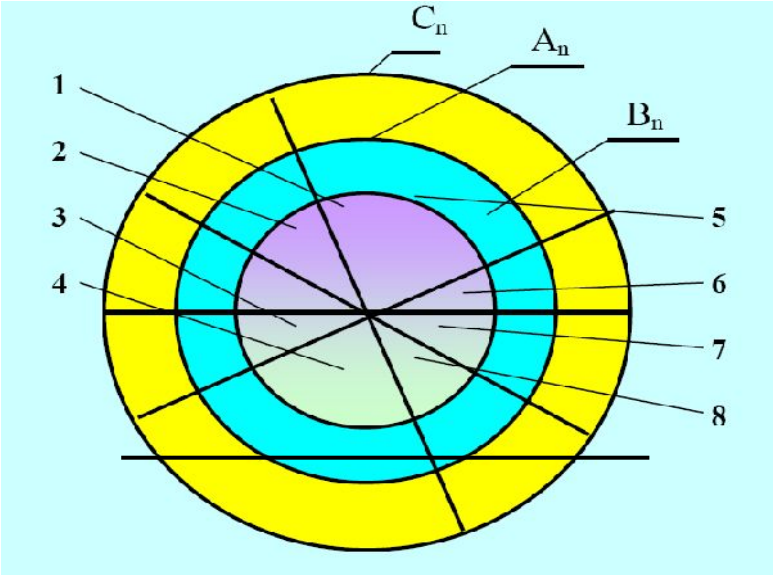


Рис. 1. Квалификационная характеристика выпускника вуза и/или специалиста предприятия (1 – 8 - параметры или группы параметров, характеристик)

При задании и предъявлении требовании к компетенциям устанавливается один или несколько уровней требований A_n по каждой из n отдельных квалификационных параметров-компетенций. На представленной диаграмме показан один общий для всех компетенций уровень A_n , что соответствует на практике случаю оценки по некоторому среднему или минимально допустимому уровню, в частности, для выпускников вуза по совокупности дисциплин профессионального блока учебного плана. Следует отметить также возможность применения квалификационной характеристики для оценки компетентности выпускников вуза и специалистов пред-

приятий как по единичным, так и по комплексным показателям качества, в качестве которых могут, например, устанавливаться обобщенные показатели успеваемости студентов вузов по группам дисциплин учебного плана: гуманитарному, социальному и экономическому циклу, математическому и естественнонаучному циклу, профессиональному циклу, факультативных дисциплинам в соответствии с образовательными стандартами.

В каждом из секторов значение B_n соответствует реальному уровню компетенции обучающегося или выпускника вуза, квалификации специалиста по n-й квалификационной характеристике. Площадь сектора, ограниченная уровнем B_n - это компетенции специалиста в оцениваемой области на момент оценки. Требования к оцениваемой компетенции или квалификации, т.е. уровень A_n устанавливает вуз совместно с работодателями с учетом потребностями рынка труда.

Степень соответствия реального уровня подготовки, компетентности, квалификации требованиям по одной из n квалификационных характеристик определяется по единичному или частному показателю соответствия $ПСК_n$ с помощью следующего соотношения:

$$ПСК_n = (B_n / A_n)^2 \quad , \qquad (1)$$

Необходимые трудозатраты на повышение квалификации по одной из n компетенций (квалификационных характеристик) определяются как:

$$З_n = (D_n \bullet T_n) / ПСК_n \quad , \qquad (2)$$

где D_n - стоимостной показатель затрат на повышение квалификации в единицу времени (например, цена часа, дня или другого временного интервала обучения), T_n - время, необходимое для обучения с целью повышения квалификации по n– й компетенции.

Целесообразность повышения компетенции обучающегося и выпускника вуза, квалификации специалиста предприятия может быть оценена по показателю целесообразности ПЦ, значение которого для одной из n компетенций или квалификационных характеристик $ПЦ_n$ вычисляется с помощью следующего соотношения:

$$ПЦ_n = Э_n / З_n \; T_э \quad , \qquad (3)$$

где $Э_n$ - ожидаемый экономический эффект от повышения квалификации специалиста по n–й квалификационной характеристике, $T_э$ – время, необходимое для получения экономического эффекта от повышения квалификации специалиста по n-й квалификационной характеристике (определяемое как время окупаемости затрат на повышение квалификации).

Обобщенный показатель соответствия квалификации ПСК по всей совокупности n квалификационных характеристик определяется как сумма частных показателей $ПСК_n$:

$$ПСК = \sum_{n=1}^{N} ПСК_n \qquad (5)$$

Подобным образом определяются и суммарные затраты на повышение квалификации. С помощью соотношений (2) и (5) степень соответствия выпускника вуза и специалиста квалификационным критериям может быть определено объективно на любом этапе профессиональной деятельности специалиста. Требуемые затраты на повышение квалификации и доведение его компетенций до требуемого уровня составляют величину, рассчитываемую с помощью соотношения (3), а компетентности – по их сумме. Соответственно, обобщенный показатель целесообразности повышения квалификации специалиста, перепрофилирования, обучения дополнительным профессиям и др. вычисляется по следующей формуле:

$$ПЦ = \sum_{n=1}^{N} ПЦ_n \qquad (6)$$

Как инструмент объективной оценки качества подготовки выпускников вузов и специалистов предприятий, их компетентности квалификационная характеристика позволяет объективно устанавливать степень соответствия требованиям работодателей при его приеме на работу, в процессе трудовой деятельности, а также определять (как самим специалистом, так и работодателем) необходимость и целесообразность повышения квалификации, дополнительного обучения или перепрофилирования по их экономической эффективности.

Библиографический список

1. Похолков Ю.П., Чучалин А.И. Управление качеством инженерного образования. Университетское образование: практика и анализ. № 5-6 (33), 2004, С. 121-125.

2. Сидорин А.В., Сидорин В.В. Модель и критерии системы отбора специалистов для обеспечения конкурентоспособности организации. Материалы Международной научно-практической конференции «Intermatic – 2004», часть 3, Москва, 2004, С. 229-239.

3. Сидорин А.В., Сидорин В.В. Модели и методы обеспечения и гарантии качества подготовки кадрового потенциала для новой индустриализации. Материалы Международной научно-технической конференции «Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения», 3-6 декабря 2013, г. Москва, М.:МИРЭА, 2013, часть 6, с.105-109.

4. Системный проблемно-ориентированный подход к формированию компетенций специалистов для высокотехнологичных наукоемких производств. Материалы Международной научно-технической конференции «Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения», 3-6 декабря 2013, г. Москва, М.:МИРЭА, 2013, часть 6, с.125-130.

УДК 658.5.011

ПОДГОТОВКА КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ДЛЯ ИЗДЕЛИЙ ВОЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ К ПРОИЗВОДСТВУ В КОМПАНИИ ЗАО «СВЯЗЬ ИНЖИНИРИНГ» НА СТАДИИ ПРОХОЖДЕНИЯ ЕЕ ЧЕРЕЗ ГРУППУ АВТОМАТИЗАЦИИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЕМ (АСУП)

Сидоров М.О., Сидорова С.В., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Введение

Особенностью производства изделий военного назначения на предприятии является высокий контроль качества выпускаемой продукции и соблюдение технической документации. Для своевременного производства и поставки продукции необходимо выполнить следующие пункты:

1. Провести нормоконтроль документации
2. Провести технологический контроль документации
3. Выпустить комплектовочную карту для комплектования необходимых материалов со складов.
4. Предоставить отделу снабжению список дефицитных материалов для закупки качественных комплектующих в соответствии с конструкторской документации (КД) [1].
5. После полного комплектования передать КД и комплектность в производство.
6. После сборки передать готовые изделия заказчику.

Теоретически, данные этапы гарантируют качественную сборку изделия и выполнения поставленных сроков на изготовление. С учетом особенности военных стандартов, норм и правил, компания сталкивается с некоторыми проблемами, частичное решение которых представлено в данной статье.

1. Нормоконтроль документации

Функция нормоконтроля в компании «Связь Инжиниринг» фактически переложена на несколько отделов:

1. Отдел инженерного сопровождения
2. Конструкторский отел
3. Группа нормативной технической документации и архивации
4. Группа автоматизации систем управления предприятием

Каждая группа выполняет часть работы про проверки документации на неточности, ошибки и недоработки. Результатом работы отделов и

групп является список доработок, которые отправляются разработчикам документации для корректировки и выпуске извещения об изменении (ИИ)

При нормоконтроле группа автоматизации систем управления предприятием (АСУП) так же выполняет формирования электронной версии спецификации (ЭСП) изделия для дальнейшей работы сотрудников планового отдела (ПО), отдела главного технолога (ОГТ), складов и отдела материально-технического обеспечения (ОМТО). Данный этап связан с тем, что документации для производства изделий военного назначения приходит в виде физических документов, подписанных всеми ведомствами и военным представителем заказчика, что исключает электронную копию моделей с автоматической выгрузкой материалов, операций и этапами сборки изделия (за исключением топологий печатных плат и микропрограмм для контролеров). В обязанности группы АСУП входит:

1. Преобразование спецификации (СП) в ЭСП
2. Контроль поддержки ПКИ. Это необходимо, что бы быть уверенным, что ПКИ выпускается и поддерживается поставщиком.
3. Проверка спецификации на грубые ошибки.

Рассмотрим данные разделы обязанностей ниже.

1.1 Преобразование СП в ЭСП

Для каждой группы ПКИ в базе предприятия существует единственно верная запись. Она основана на внутреннем документе «Правила наименования и записи ПКИ и материалов в конструкторских и прочих документах». В соответствии с данной инструкцией спецификация преобразуется в ЭСП и формируется список ПКИ и материалов для ПО, ОГТ и ОМТО.

Все преобразованные спецификации автоматически регистрируются в базе данных. На основании этих данные происходит формирование ключевых показателей эффективности (англ. Key Performance Indicators, KPI) [2].

1.2 Контроль поддержки ПКИ

Данных этап идет параллельно с этапом «Преобразование СП в ЭСП». При формировании ЭСП, сотрудник АСУП проверяет ПКИ и материалы по открытым источникам. В случаи возникновения вопросов, о целесообразности добавления ПКИ в ЭСП, преобразование останавливается до принятия решения. Данный вопрос решает представитель заказчика. Варианты решения вопроса:

- Замена ПКИ на иной, с учетом допуска использования в изделиях военного назначения.
- Исключение ПКИ из ЭСП до официальной замены на иной.

После получения письменного уведомления о разрешении вопроса, преобразование СП продолжается.

1.3 Проверка спецификации на грубые ошибки

Данный этап нацелен на внешнее соответствие СП с ЕСКД. К грубым ошибкам относятся:

- Отсутствие фамилий в основной надписи
- Отсутствие дат в основной надписи
- Отсутствие децимального номера или наименовании
- Отсутствие количества или позиционных обозначений (если должно присутствовать)
- Отсутствие первичного применения

При выявлении данных ошибок составляется официальное письмо к представителю заказчику. После корректировки СП официальном изменении об извещении продолжается дальнейшее работа по СП

На основании выше сказанного на рисунке 1 представлена следующая структура подготовки конструкторской документации для изделий военного назначения к производству в компании ЗАО «Связь Инжиниринг» на стадии прохождения ее через группу автоматизации систем управления предприятием (АСУП).

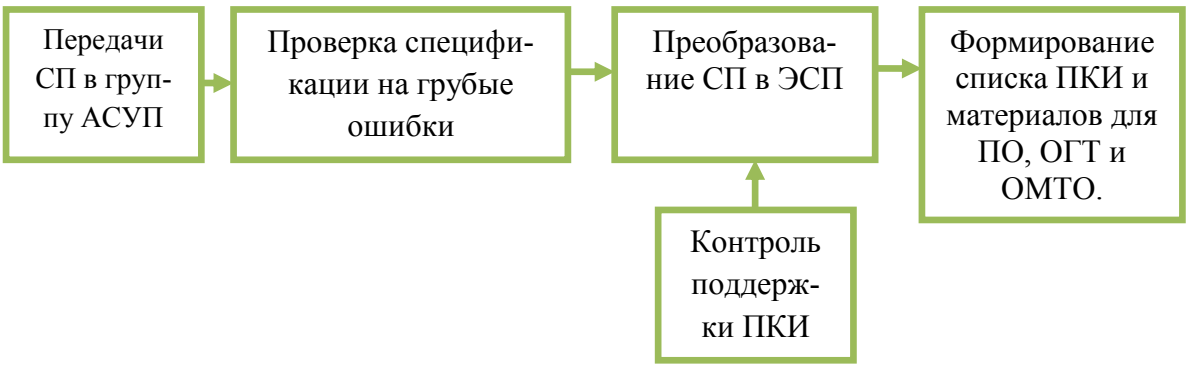


Рис. 1. Подготовки конструкторской документации для изделий военного назначения к производству

2. Расчет KPI для группы АСУП

Расчет KPI построен на концепции современного управления «Управление по целям». В группе АСУП установлены оперативные показатели, которые показывают, как проходят этапы выполнения преобразования СП в ЭСП.

В таблице 1 приведен пример отчета о выполнение преобразования СП в ЭСП.

Таблица 1

Отчет о выполнение преобразования СП в ЭСП. Статус «Подготовлен»

Код	**Версия**	**Наименование**	**Активна**	**Состояние**	**Дата утверждения**	**Ответственный**	**Комментарий**
ЭСП 28184	0001	Модуль 9ДМ-450 (ШИВА.467093.450)	Нет	Подготовлен		Трофимов Николай Николаевич	Нет позиций 3,4,8,21,22, 32,74,83,87, 95,104

В комментариях указаны отклонения по СП. Как видно, СП не прошла проверку на «Контроль поддержки ПКИ». СП находится в стадии перехода из «Преобразование СП в ЭСП» в «Формирование списка ПКИ и материалов для ПО, ОГТ и ОМТО», поэтому состоянии ЭСП «Подготовлен». Как только группа получит корректировки, ЭСП изменит статус на «Утвержден», как это видно в таблице 2.

Таблица 2

Отчет о выполнение преобразования СП в ЭСП. Статус «Утвержден»

Код	**Версия**	**Наименование**	**Активна**	**Состояние**	**Дата утверждения**	**Ответственный**
ЭСП 25472	0001	Устройство синхронизации и информационного обмена 4ПСИ (ШИВА.467883.002)	Да	Утвержден	10.02.2015	Ильина Анастасия Викторовна

В отдельном файле формируется KPI, для каждого сотрудника, как это показано в таблице 3. Столбец «Целевой показатель для сотрудника» рассчитывается по следующей формуле

$$K_{\text{част}} = \frac{\text{ЦП}}{\text{ДУ}-\text{ДП}}, \quad (1)$$

при условии, если $\text{ДУ} - \text{ДП} \neq 0$, в иных случаях K=1, где ЦП – целевой показатель, определяемый лично для каждого сотрудника группы

Итоговый показатель корректируется при каждом формировании отчета, и рассчитывается по формуле:

$$K_{\text{общ}} = \frac{K_{\text{част}}}{P_{it}} \quad (2)$$

Как видно, там, где показатель выполнен, ячейка «Причины не выполнение цели» отмечены зеленым, в случаи, когда показатель не выполнен, ячейка отмечена красным до тех пор, пока сотрудник не заполнит

причину. После этого ячейка примет желтый окрас, и если не выполнение целей зависело не от сотрудника, причины откращиваются в зеленый цвет и добавляются в другой отчет, где руководитель обрабатывает их и пишет замечания тем подразделениям, из-за которых сотрудник не мог выполнить поставленную ему цель. Если же причина не выполнения цели стала халатность сотрудника, это остается в отчете и с сотрудником проводятся корректирующие беседы.

Таблица 3

KPI

Ильина Анастасия Викторовна,				***ЦП=1***
$К_{общ}$				*0,875*
Количество позиций, $Р_{it}$				*4*
Наименование	Дата поступление СП, ДП	Дата утверждения, ДУ	Целевой показатель сотрудника, $К_{част}$	Причины не выполнение цели
Устройство синхронизации и информационного обмена 4ПСИ (ШИВА.467883.002)	10.02.2015	10.02.2015	1	
Блок розеток (ШИВА.685631.885-03)	30.01.2015	30.01.2015	1	
Блок розеток (ШИВА.685631.424)	08.12.2014	09.12.2014	1	
Комплект ЗИП-О-6ДО по ведомости ЗИП-О ШИВА.464943.003 ЗИ	21.08.2014	23.08.2014	0,5	

Заключение

Работа группы направлена на улучшение качества выпускаемой продукции. Группа постоянно контролирует спецификации, поэтому производство брака сведено к минимуму. На основании данных KPI сотрудников премируют в личном порядке в материальной форме, а так же отслеживается работы группы и связанных с нею подразделений.

Библиографический список

1. ГОСТ 2.102-2013 Единая система конструкторской документации. Виды и комплектность конструкторских документов

2. Панов М. М. Оценка деятельности и система управления компанией на основе KPI. — М.: Инфра-М, 2013. — 255 с. — (Просто, Кратко, Быстро). — 500 экз. — ISBN 978-5-16-005781-1.

УДК 621.3

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ИСПЫТАНИЙ НА НАДЕЖНОСТЬ В РЭС

Горобец А.И., Герасимова А.Д., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

1.Введение

В связи с тем, что испытания на надежность широко применяют на всех этапах разработки и производства РЭС, то чрезвычайную важность приобретает разработка унифицированных методов решения задач, возникающих при проведении таких испытаний.

К основным преимуществам, которые могут дать разработка и широкое внедрение в практику единых инженерных методик и нормативно-методической документации к ним , охватывающих все основные вопросы испытаний на надежность можно отнести следующие:

- Отсутствие необходимости для проектировщиков и технологов РЭС в освоении специфический математических алгоритмов современных методов испытаний. Это ускоряет процесс проектно-технической разработки изделия с учетом заданного уровня качества

- Испытания будут проводиться с использованием наиболее эффективных методов, что приведет к. экономии затрат времени, средств и ресурса изделий РЭС.

- Будут обеспечены необходимые достоверность, точность и полная информационная совместимость на уровне PDM структуры изделия данных о надежности, приводимых в технической документации при условии выполнения основных требований [1] , в том числе при последующих испытаниях на подтверждения типа и т.д.

2. Оптимизация моделей проведения испытаний на надежность РЭС

Анализ методов обеспечения надежности РЭС [2] показал, что в ее обеспечении можно различить несколько ключевых этапов:

- Расчет безотказности и ремонтопригодности при проектировании с учетом технологических отклонений и допусков в различных условиях:

- при нормальных ВУ и отсутствии других дестабилизирующих воздействий;

- при длительной эксплуатации изделия;

- при кратковременных внешних воздействиях;

Проверка РЭС в данном случае должна выполняться по функциональным моделям и протоколам , классифицируемым по типу ВУ сред-

ствами моделирования воздействий и получения отклика системы на модель воздействия.

- Обеспечение минимальных рисков при эксплуатации изделия потребителем [3]. Это можно классифицировать, как программно-технические средства анализа конструкции на основе методов статистического моделирования, позволяющих исключить, так называемые ошибки первого рода, возникающие при интенсивной эксплуатации изделия на этапе проектирования и технологической подготовки производства

- Виртуальная оценка работоспособности изделия РЭС при наличии внешних воздействий в рамках технических условий . Задачей программно-методической цепочки в данном случае является проведение испытаний изделий РЭС, например средствами CAE систем, для того, чтобы например, используя различные методы повышения устойчивости к внешним воздействиям, добиться отсутствия отказов при подобных испытаниях. Наличие типизированной по виду изделия РЭС нормативно-технической базы обеспечения надежности должно значительно сократить время отработки на надежность и оптимизировать конструкцию и технологический процесс изделия РЭС.

- Проверка работоспособности изделия РЭС непосредственно после изготовления.

Этот метод должен быть предусмотрен технологическим процессом изготовления, его исполнения должно быть включено в производственный канал изготовления изделия с помощью IDEF3 модели проверки . Такое методическое обеспечение можно характеризовать как технологическая надежность и возможность изготовления в виде серии.

Выбор оптимальной модели построения нормативно-методической базы оценки надежности во многом зависит от классификации испытаний на надежность, которая может быть выполнена по признакам Цели проведения (Оценочные, контрольные, исследовательские), свойству надежности РЭС (ресурс, безотказность, ремонтопригодность, сохраняемость и их совокупности), Этапу проектирования (предварительные ,доводочные, предварительные, приемочные, квалификационные),

Скорости разработки проекта (сокращенные, нормальные). Так же на выбор оптимальной модели оценки надежности оказывает влияние локальный, межведомственный или государственный уровень проведения испытаний.

Все испытания на надежность с точки зрения предлагаемого подхода оптимально выполнять в несколько стадий:

-планирование испытаний;

-получение необходимых статистических данных по параметрам

надежности изделия РЭС на основе данных моделирования или с помощью непосредственных результатов испытаний с их математической обработкой;

-обработка непосредственных результатов с целью получения искомых данных или заключений.

Необходимо заметить , что каждая из этих стадий требует решения определенных задач и, соответственно, своей методики.

Поэтому при создании унифицированной нормативно-методической базы испытаний на надежность изделий РЭС необходимо учитывать обеспечить выполнение следующих основных условий:

- Установление единых количественных показателей качества (точности и достоверности) получаемых результатов. К таким показателям можно отнести точность и достоверность получаемых результатов на основе моделирования воздействий на изделия и анализа откликов.

- Использование оригинальных эффективных методов проведения испытаний для оценки каждого из используемых показателей надежности РЭС. Данные методы могут выступать как последовательность действий в виде алгоритма в зависимости от вида изделия РЭС технических условий эксплуатации.

- Использование методов планирования испытаний для обеспечения заданных требований к качеству получаемых результатов оценки надежности РЭС;

- Использование методики обработки непосредственных результатов испытаний в зависимости от вида изделия, используемой модели воздействия и выбранных для оценки показателей качества.

3. Заключение

Таким образом ,проведение испытаний изделий РЭС на надежность на основе рассмотренного выше системного подхода построения испытаний позволит оптимизировать затраты на проектирование и подготовку производства и обеспечить требуемый уровень качества изделий РЭС

Библиографический список

1. ГОСТ 27.003-90 Надежность в технике.Состав и общие правила задания требований по надежности// М.: Издательство стандартов, 1990.

2. ГОСТ Р 53480-2009 Надежность в технике. Термины и определения // М.: Издательство стандартов, 2010.

3. Международный стандарт МЭК 300-1 (1993)/ ИСО 9000-4. Часть 1. Управление программой надежности.

СЕКЦИЯ 7. ВОПРОСЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ И ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ

УДК 621.396

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МИНИАНТЕНН НА ОСНОВЕ МЕТАМАТЕРИАЛОВ

Будагян И.Ф МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

В последнее время серьезный интерес в научном мире проявляется к метаматериалам и устройствам на их основе [1]. Появление в начале века разработок в области MEMS-технологии (микроэлектромеханических систем) для конструирования СВЧ-устройств обещало создание встраиваемых в кристалл коммутаторов сигналов с нулевым потреблением в состоянии покоя и мощностью переключения на уровне единиц нДж при напряжении срабатывания в несколько вольт. Новым этапом развития электрически малых антенн является использование метаматериалов [2]. С точки зрения микроволн среда однородна, а, последовательно уменьшая размеры элементов, можно создавать метаматериалы с отрицательным показателем преломления для терагерцевого и оптического диапазонов спектра.

Еще одно конструктивное направление развития микроантенн – использование оболочки из метаматериала в качестве «купола» для штыревого микроизлучателя [3]. Показано, что надлежащим образом спроектированный слой работает как индуктивный распределенный элемент, резонансно компенсирующий большую ёмкость электрически малой антенны. В результате этого достигается согласование антенной системы с источником возбуждения в определённой полосе частот. На резонансной частоте здесь удается добиться КПД около 98–99%!. Куб метаматериала может представлять собой трехмерную матрицу, образованную медными проводниками и кольцами с разрезом. Стержни служат антеннами, взаимодействующими с электрическим компонентом электромагнитного поля, а разрезные кольца – реагирующими на магнитную составляющую. Основные размеры всех элементов и расстояние между ними меньше длины волны. Микроволны с частотами около 10 ГГц необычно ведут себя в таком кубе, потому что для них эта среда имеет отрицательный показатель преломления.

Одним из первых примеров использования свойств метаматериалов в серийном изделии стало их применение в антенной системе MIMO [4].

Метаструктуры позволили заметно уменьшить габариты многослойных излучателей антенной решетки MIMO. Появление антенных конструкций на основе активных и нелинейных метаструктур позволяет надеяться, что микроантенны значительно сократят энергопотребление и стоимость производства мобильных устройств.

Изучен перспективный тип антенн с управляемой диаграммой направленности – АУДН, которые во многом превосходят традиционные антенны и открывают новые возможности при построении современных сетей связи. Их преимущество - возможность управления диаграммой направленности и значительное снижение потребляемой мощности без снижения качества передачи информации. В соответствии с их функциями АУДН можно разделить на два типа: антенны с переключением луча – с фиксированным количеством лучей определенной формы; антенны с неограниченным количеством форм диаграммы направленности (ДН), которые настраиваются во время работы на нужное направление [5].

Самым очевидным преимуществом АУДН является обеспечиваемое ими увеличение зоны покрытия сети. Определение угла приема сигнала позволяет оценить местоположение источников сигналов и в дальнейшем отправить сигнал в данном направлении и, таким образом, избежать бесполезного рассеивания мощности и снизить влияние помех. Конструирование MIMO-антенн на базе метаматериалов и миниатюризация их антенных решеток является наиболее популярным направлением исследований в этой области. μ-негативная подложка с погруженными в диэлектрик квадратными спиралями при межантенном интервале 0,1λ позволила снизить взаимовлияние антенн почти на 15 дБ (до -37 дБ).

Другим направлением исследований, в котором применяются метаматериалы, является сужение диаграмм излучения электрически малых антенн [6]. Довольно перспективным направлением является создание метаэкранов на основе решеток из диэлектрических резонаторов как бинегативной среды. В дальнейшем эта идея нашла развитие в виде решетки из дисковых диэлектрических резонаторов с медными кольцами, напыленными на их поверхность. Благодаря своему отрицательному преломлению, метаматериалы способны в несколько раз увеличить мощность передаваемого сигнала, что позволяет миниатюризовать элементы антенной решетки. Такие материалы обнаруживают дополнительные возможности в антенностроении.

Разработанные за последнее десятилетие трехмерные фотонные метаматериалы открыли новые перспективы, в частности, сокращения макроскопических размеров до оптических длин волн [7]. Разработаны структуры 3d фотонных метаматериалов:

- многослойные двойные ажурные структуры метаматериала с отрицательным показателем преломления;

- хиральные метаматериалы;
- гиперболические метаматериалы, сделанные методами гальваники;
- металл-диэлектрические многослойные метаматериалы, состоящие из связанных плазмонных волноводов;
- композитные метаматериалы в виде разрезных квадратных рамок (SRRs), ориентированные во всех трех измерениях, изготовленные путем использования мембранной проекционной литографии;
- метаматериалы с ощутимо широким углом обзора и отрицательным коэффициентом преломления на основе коаксиальной конструкции;
- связанные кубической симметрией структуры метаматериала с отрицательным коэффициентом преломления;
- металлический кластер-кластеров на видимых частотах магнитный метаматериал;
- полностью диэлектрический метаматериал с отрицательным коэффициентом преломления, состоящий из двух наборов диэлектрических сфер с высоким коэффициентом преломления, расположенных в узлах простой кубической решетки.

Подобные метаматериалы благодаря своим свойствам перспективны для проектирования устройств СВЧ и антенной техники. В антенной технике метаматериалы применяются для решения проблемы миниатюризации антенн [8]. Проблема миниатюризации антенн возникла довольно давно, но особенно актуальной она стала в последние два десятилетия вследствие бурного развития систем связи с подвижными объектами, индивидуальных систем связи, сотовых систем связи и др., предъявляющих жесткие требования к габаритным размерам антенных устройств. Поскольку все остальные функциональные узлы малогабаритной аппаратуры поддавались миниатюризации гораздо легче, узлом всех проблем стала антенна. Так, довольно быстро возникла необходимость разработки малогабаритных антенн, обладающих приемлемыми электрическими характеристиками.

Миниатюризация антенн и одновременное обеспечение заданных электрических характеристик – довольно сложная задача, как в теоретическом, так и в практическом плане [9]. В теоретическом плане исследования велись вокруг физических пределов миниатюризации, т.е. выяснения тех минимальных размеров, при которых ещё сохраняются приемлемые значения электродинамических параметров (добротность, коэффициент усиления, полоса согласования) антенны. Отметим, что определение предельных характеристик малогабаритных антенных устройств неразрывно связано с изучением взаимодействия антенны с окружающей средой, а также измерением и оценкой характеристик данного малогабаритного антенного излучателя, и представляет собой довольно сложную комплексную проблему. Предельно достижимый минимальный размер антенных устройств, реализованных на обычных материалах,

в большинстве случаев определяется соотношением: $kD = 0{,}6$. Здесь k – волновое число свободного пространства, D – характерный размер антенны [8].

Таким образом, дальнейшее уменьшение габаритов антенн, выполненных на обычных материалах, приводит к падению КПД и существенному сужению рабочей полосы частот. В последнее время от проработки теоретических основ построения метаматериалов и их исследования специалисты перешли к разработке конкретных СВЧ-устройств, выполненых с применением метаматериалов [10]. Исследуется и проблема миниатюризации антенн за счет применения метаматериалов в качестве различных элементов конструкции. Метаматериалы с их необычными свойствами дают дополнительные возможности миниатюризации, увеличения коэффициента усиления и расширения рабочей полосы частот антенн. Все это вызывает повышенный интерес к технологиям исследования волновых процессов в метаматериалах [11].

Библиографический список

1. Veselago V., Braginsky L., Shklover V., Hafner C. Negative Refractive Index Materials // Journal of Computational and Theoretical Nanoscience, 2006. - Vol.3. – P.1–30.

2. Слюсар В. 60 лет теории электрически малых антенн. Некоторые итоги // ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес, 2006. - №7. - С.10–19.

3. Ziolkowski RichardW. Metamaterial-Based Antennas: Research and Developments // IEICE TRANS. ELECTRON., 2006. - VOL.E89–C, №9. – P.1267-1275.

4. Слюсар В. Метаматериалы в антенной технике: история и основные принципы // ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес, 2009. - №7. - С.70–79.

5. Парнес М.Д. Адаптивные антенны для системы связи WiMax // Компоненты и технологии, 2007. - №4. – С.6-9.

6. Слюсар В. Метаматериалы в конструкциях антенн // ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес, 2009. - №8. – С.66-70.

7. Costas M. Soukoulis, Martin Wegener. Past achievements and future challenges in the development of three-dimensional photonic metamaterials. Reviews // Nature Photonics, 2011. - №5. – P.523–530.

8. Бойко С. Н., Веселаго В. Г. Виноградов Е. А. и др. Малогабаритные антенны на основе метаматериалов (практические аспекты) // Антенны, 2012. - №12. - С.32-41.

9. Митрохин В.Н., Рыженко Д.С., Тягунов В.А. Экспериментальные исследования СВЧ устройств, содержащих метаматериалы // X Международная НТК «Физика и технические приложения волновых процессов»: «Физика волновых процессов и радиотехнические системы»: Пленарные доклады. – Самара: ИУНЛ ПГУТИ, 2011. – Т.15. - №3. – С.43-53.

10. Вендик И.Б., Вендик О.Г. Метаматериалы и их применение в технике сверхвысоких частот (Обзор) // Журнал технической физики, 2013. - том 83, вып. 1. - С.3-28.

11. 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.

УДК 621.396

РАДИОВОЛНОВАЯ СВЕРХКОРОТКОИМПУЛЬСНАЯ ВИБРОМЕТРИЯ МЕХАНИЗМОВ И КОНСТРУКЦИЙ РЭС

Будагян И.Ф., Костин М.С., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Исследование физико-механических свойств динамических параметров конструктивных элементов функциональных узлов технических устройств точной радио- и микромеханики требует применения специальных систем, которые обеспечивают бесконтактный сбор виброметрических данных, описывающих закон колебательного процесса зондируемой поверхности конструкции. Аппаратная реализация бесконтактной диагностики решается путем применения радиооптических и акустических средств сенсорного сканирования. Особое внимание в этой области сосредоточено на системах радиоволнового мониторинга, построенных по принципу однопозиционных сверхкороткоимпульсных (СКИ) локаторов [1].

Бесконтактные виброметрологические исследования механических колебаний, основанные на радиоволновых методах зондирования в сравнении с лазерными и ультразвуковыми имеют существенное преимущество. Качественный характер этого преимущества позволяет с их помощью эффективно решать специальные задачи проведения стендовых испытаний и диагностики, путем зондирования поверхностей, к которым не предъявляются особые требования по шероховатости. При этом самое важное, что это наблюдается в условиях оптически и акустически непрозрачных газовых сред и препятствий, где распространение волн соответствующей природы для приведенных в сравнении методов невозможно.

1. Радиоволновая вибродиагностика

Среди применяемых радиоволновых методов измерения интенсивности вибраций (виброскорости) классифицируют резонаторные и интерференционные. Действие этих методов реализуется непрерывным, либо моноимпульсным зондированием в сантиметровом или миллиметровом диапазонах СВЧ, в

основу которых положены фазовые явления отражения электромагнитных волн от вибрирующей поверхности [2]. Обеспечение параметрической стабильности генерации зондируемого сигнала предъявляет к таким устройствам ряд радиотехнических требований, связанных с уменьшением флуктуации частоты, фазы и амплитуды генерируемого сигнала. Кроме того, узкополосные системы помехонеустойчивы и не позволяют достигнуть хорошей проникающей способности при реализации подповерхностного зондирования через диэлектрики, а также неэффективны в условиях достаточно удаленного съема виброакустических параметров с требуемым разрешением, в том числе из-за фазовой неопределенности отраженного сигнала, что требует квадратурного приема. Однако перечисленные недостатки в работе узкополосных радиоволновых систем эффективно компенсируются за счет применения радиотехнических решений, построенных на принципах сверхкороткоимпульсного зондирования. Действительно, сверхширокополосность радиоимпульса улучшает энергетику сигнала, улучшает разрешение, обеспечивает требуемую проникающую способность и делает систему более помехоустойчивой к воздействию внешних электромагнитных шумов и помех. Так, с применением гауссовских радиоимпульсов субнаносекундной длительности без несущей, исключается необходимость генерирования СВЧ-сигнала заданной частоты так, как это принято в локаторах с непрерывным и моноимпульсным действием, что кардинально исключает задачу обеспечения частотной стабилизации в КВЧ- и СВЧ-диапазонах. В работе сверхкороткий радиоимпульс формируется как результат дифференцирования видеоимпульса субнаносекундной длительности при его воздействии на сверхширокополосную микрополосоковую TSA-антенну Вивальди и не имеет несущей частоты, а характеризуется длительностью, центральной частотой и полосой спектра. Причем полоса пропускания радиосенсорного радара во многом будет зависеть от полосы пропускания узконаправленной антенны. В таком случае остается лишь стабилизировать частоту дискретизации зондирования, которую, для регистрации механических колебаний, достаточно взять в диапазоне от сотен кГц до десятков МГц [3].

2. Радиоволновый комплекс на базе однокристального приемопередатчика серии NVA6201

С появлением высокоскоростных СВЧ-цифровых преобразователей с частотой дискретизации в режиме реального времени до 40 Гвыб/с при полосе обзора 1 ГГц на базе цифровых приемопередатчиков типа NVA6201 компании NoveldaAS с энергопотреблением не более 120 мВт и полосой пропускания приемника до 10 ГГц, задачу обнаружения, приема и обработки высокочастотного радиосигнала можно свести к прямой оцифровке и численной программной обработке [4]. Это позволяет исключить операцию переноса сигнала на нулевую частоту, а, следовательно, аппаратное построение смеси-

телей, микрополосковых фильтров и линий задержки опорного сигнала. Отсюда обнаружение, фильтрация, пути повышения чувствительности системы, эффективность обработки оцифрованного радиосигнала и собственно воспроизводимость эпюры механического колебания во многом будут зависеть от выбора математических методов обработки и критериев численной оценки параметров отраженных от вибрирующей поверхности СКИ-сигналов [5,6].

Распределение во временной последовательности выборки отраженных радиоимпульсов от вибрирующей цели определяется законом фазовой модуляции, девиация которой отражает характеристику плоскопараллельных колебаний. СКИ-зондирование, построенное на временном стробировании, позволяет четким образом локализовать координатную привязку к цели, тем самым максимальным образом исключив помехи от пространственно распределенных поверхностей, генерирующих ложные эхосигналы, и сформировать в более явном виде функцию колебательного закона исследуемой области. При этом в приемном тракте осуществляется не регистрация самого исследуемого эхосигнала, а его отдельных фрейм-выборок, каждая из которых формируется в периоды стробирования отраженного сигнала. Программно-аппаратный комплекс радиоволновой вибродиагностики предназначен для бесконтактного, дистанционного зондирования поверхности динамических элементов конструкций, генерирующих собственные механические колебания или промодулированных внешними виброакустическими возмущениями среды [7]. Получение абсолютных и статистически информационных данных о вибрационных характеристиках (виброперемещении, виброскорости, виброускорении, резонансных явлениях) радиоэлектронного оборудования и механизмов представляет одну из задач исследования виброустойчивости и надежности конструкций радиоэлектронных средств при неразрушающем контроле и диагностике ответственных узлов, подверженных воздействию вибраций в момент эксплуатации, а также при проведении стендовых имитационных испытаний. Разработка высокоэффективных систем и комплексов в области бесконтактных радиоизмерений заслуживает особого внимания, так как контактные средства на основе акселерометров не применимы для измерения вибраций малых объектов (тонкостенных, мембранных и т.д.) и в условиях, где контактный съем однозначно невозможен.

Заключение

Освоение субнаносекундного диапазона вызывает интерес к радиофизическим свойствам взаимодействия сверхкоротких радиоимпульсов с различными средами, а, следовательно, возможности их применения в исследовательских задачах радиосенсорного виброметрического зондирования. Предложенный в работе радиосенсорный метод СКИ-виброметрии в

основе использует принципы импульсно-фазового метода ближней локации. Главным преимуществом, вызывающим особый интерес к применению сверхкоротких радиоимпульсов без несущей является их скрытность, помехоустойчивость, возможность скоростной передачи потока данных, пространственное сверхразрешение, хорошая проникающая способность через поглощающие среды, конструктивная простота схемы генерации. Сверхкороткоимпульсный метод регистрации и оценки параметров виброметрических характеристик способен расширить информативные возможности проведения научных и инженерных практических исследований в области бесконтактных радиоизмерений механических колебаний.

Библиографический список

1. Костин М.С. Моделирование виброметрического СШП радара // Актуальные проблемы и перспективы развития радиотехнических и инфокоммуникационных систем: Сб. научн. тр. – М.: РАДИОИНФОКОМ, 2013. – Ч.1. – С. 246-249.

2. Будагян И.Ф., Костин М.С. Численные методы оценки угловой девиации фазораспределенных сверхкоротких радиоимпульсов виброметрологических систем // Материалы Международ. науч.-техн. конференции «INTERMATIC–2014». Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения / Под ред. академика РАН А.С. Сигова. – М.: МГТУ МИРЭА, 2014, Ч.5. – С. 121-125.

3. Будагян И.Ф., Костин М.С. Виброметрологическая оценка параметров виброакустических колебаний методами сверхкороткоимпульсной эхолокации // Эл. сетевой научно-метод. журнал «Вестник МГТУ МИРЭА». https://www.mirea.ru/science/vestnik-mirea. 2014 – №2. – С. 104-113.

4. Будагян И.Ф., Костин М.С. Радиосенсорная виброметрологическая система на однокристальном приемопередатчике с прямой оцифровкой сверхкороткоимпульсного сигнала. // Сб. науч. статей всероссийской научно-практ. конф. «Научный взгляд на современный этап развития общественных, технических, гуманитарных и естественных наук, актуальные проблемы», НОУ СПб ИПМ. – СПб.: КультИнформПресс, 2014. – С.19-24.

5. Костин М.С. Моделирование системы радиолокационной виброметрии // T-Comm – Телекоммуникации и Транспорт. Сер. «Математическое моделирование систем и средств связи», 2013. – №11. – С. 97-101.

6. Костин М.С., Будагян И.Ф. Аналитическая модель сверхкороткоимпульсного радиосенсорного виброметрического локатора // T-Comm – Телекоммуникации и Транспорт, 2014. – №11. – С. 52-56.

7. Будагян И.Ф., Костин М.С. Программно-аппаратный сверхкороткоимпульсный виброметрологический радиоволновый сенсор. Материалы 17-й всероссийской молодежной научной школы-семинара «Актуальные

проблемы физической и функциональной электроники» УФИРЭ РАН им. В.А. Котельникова. – Ульяновск: УлГТУ, 2014. – С.140-141.

УДК: 658.5.011

УЧЕБНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ КОМПЛЕКС ОБОРУДОВАНИЯ ПО СБОРОЧНОМУ ПРОИЗВОДСТВУ ПЕЧАТНЫХ УЗЛОВ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Воруничев Д.С., Покровская М.В., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Введение

Оснащенная учебно-производственным комплексом лаборатория технологии электронных средств, входит в состав кафедры КПРЭС (Конструирования и производства радиоэлектронных средств), института РТС (Радиотехнических и телекоммуникационных систем) и относится к направлению “Технология электронных средств”. Учебно-производственный комплекс оборудования по сборочному производству печатных узлов электронных средств сопряжен с другими двумя лабораториями кафедры: конструирования электронных средств и испытания электронных средств. Комплекс указанных и взаимосвязанных лабораторий позволяет полностью охватить этап создания электронного средства (конструирование-производство-испытание).

Оснащение лаборатории учебно-производственным комплексом дает возможность сделать лабораторию учебно-производственной лабораторией ВУЗа, кроме того, существующая комплектация оборудования может быть существенно расширена, что позволит увеличить диапазон применения комплекса. Подобные возможности способствуют привлечению студентов, а так же молодых специалистов к работе в лаборатории. Данное оборудование может быть использовано не только в учебных целях, но и для исследовательской и инновационной деятельности.

Задействованное оборудование комплекса, в образовательном процессе по направлению подготовки 211000 “Конструирование и технология электронных средств” (11.03.03, 11.04.03) позволит студентам получать навыки работы на современном оборудовании, демонстрировать полный цикл сборки и монтажа печатного узла. Так же студенты могут участвовать в исследованиях проводимых лабораторией, подготавливать статьи и доклады по проведенным работам, а так же подготавливать необходимые отчеты. Обозначенная деятельность необходима для реализации требования компетентностного подхода образовательных стандартов (ФГОС ВПО, ФГОС 3+).

1. Состав учебно-производственного комплекса оборудования по сборочному производству печатных узлов электронных средств

Состав учебно-производственного комплекса оборудования по сборочному производству печатных узлов электронных средств, представлен на рис. 1.

Рис. 1 Состав учебно-производственного комплекса оборудования по сборочному производству печатных узлов электронных средств

Учебно-производственный комплекс оборудования по сборочному производству печатных узлов электронных средств имеет компактные габариты и настольное размещение (все оборудование размещено на промышленных столах в антистатическом исполнении). Комплекс позволяет осуществлять сборку печатных узлов в условиях единичного и опытного производства. Все оборудование совместимо с бессвинцовой

технологией монтажа [1]. Все перечисленные характеристики комплекса являются весомыми достоинствами при оснащении лаборатории ВУЗа и подходят применительно к образовательному процессу. Описание комплекса [2]:

SP002-M Устройство трафаретной печати

Устройство предназначено для нанесения паяльной пасты на поверхность печатных плат в условиях единичного, опытного и мелкосерийного производства. Оборудование обеспечивает повторяемость, и высокое качество нанесения паяльной пасты и позволяет уменьшить влияние человеческого фактора на процесс производства.

EXPERT-M Манипулятор для установки компонентов

Ручной манипулятор настольного типа, предназначен для сборки печатных узлов с применением технологии поверхностного монтажа. Обеспечивает надежную и быструю установку поверхностно-монтируемых компонентов на печатную плату методом переноса от питателей с помощью вакуумного пинцета. Манипулятор имеет модульную конструкцию, позволяющую наиболее удобным образом компоновать оборудование и осуществлять быструю его переналадку.

RO06-PLUS Камерная печь оплавления припоя

Печь оплавления предназначена для работы в единичном, опытном и мелкосерийном производстве. Позволяет автоматически загружать печатный узел (ПУ) в зону пайки. Система нагрева комбинированная (ИК \ конвекционная), обеспечивает равномерный, щадящий нагрев ПУ, исключающий появления теневых эффектов. Содержит 20 типовых режимов, находящихся в памяти печи и позволяет сохранить еще до 15 температурных профилей созданных пользователем. Имеется возможность визуально наблюдать за ходом технологического процесса через окно и при необходимости вносить корректировку в режим пайки в реальном времени. После отработки профиля производит автоматическое охлаждение ПУ до заданной температуры. Печь совместима с работой по бессвинцовой технологии, позволяет получать и хранить графические изображения температурных профилей с возможностью подключения ПК.

RMST-2A Трехканальная цифровая ремонтная станция

Позволяет осуществлять ремонт плат как с компонентами, монтируемыми в отверстия, так и с компонентами поверхностного монтажа. Адаптирована к бессвинцовой технологии, имеет микропроцессорное управление и точное поддержание температуры наконечников паяльников.

2. Возможные виды деятельности лаборатории

В лаборатории технологии электронных средств, оснащенной учебно-производственным комплексом оборудования по сборочному произ-

водству печатных узлов электронных средств, возможно, осуществлять учебную, исследовательскую и коммерческую деятельности (табл. 1).

Современное сборочное производство это сложный комплекс оборудования, который невозможно в полном объеме реализовать в лаборатории ВУЗа. Однако выбор оборудования настольного типа, с учетом многофункциональности и универсальности, некоторая оптимизация его состава позволили создать современную лабораторию, которую при необходимости можно задействовать и для производства мелкосерийной продукции.

Таблица 1

Возможные виды деятельности лаборатории [2]

Вид деятельности	
Исследование паяемости контактных площадок печатных плат	учебная
Исследование соответствия паяльной пасты требованиям стандарта IPC J-STD-005	
Исследование паяемости выводов компонентов	
Оптимизация температурного профиля пайки	
Сборка печатного узла (по заранее подготовленным программам)	
Визуальный контроль качества паяных соединений	
Восстановление шариковых выводов компонента BGA	
Демонтаж и монтаж компонента BGA	
Разработка технологических процессов сборки печатны узлов электронных средств	исследовательская
Оптимизация технологических процессов сборки печатных узлов	
Исследования надежности паяных соединений(при наличии лаборатории испытаний электронных средств)	
Ведение НИОКР по ФЦП «Развитие электронной компонентной базы и радиоэлектроники»	коммерческая
Организация опытного производства электронных средств	
Оценка качества и разработка рекомендаций по повышению надежности ПУ	
Организация центров сертификации по IPC	

Заключение

Представленный учебно-производственный комплекс оборудования по сборочному производству печатных узлов электронных средств входит в состав лаборатории технологии электронных средств, кафедры КПРЭС. Комплекс сопряжен с другими двумя лабораториями кафедры: конструирования электронных средств и испытания электронных средств. Комплекс указанных и взаимосвязанных лабораторий позволяет полностью охватить этап создания электронного средства (конструирование-производство-испытание). Данное оборудование может быть использовано не только в учебном процессе, но и применяться для исследовательской и коммерческой деятельности. Современное оборудование лаборатории предназначено для подготовки студентов по направлению подготовки 211000 “Конструирование и технология электронных средств” (11.03.03, 11.04.03), а так же других смежных направлений. Работа на подобном оборудовании позволяет формировать у студентов компетенции, востребованные на предприятиях отрасли. Подобные возможности способствуют привлечению студентов, а так же молодых специалистов к работе в лаборатории. Обозначенная деятельность необходима так же для реализации требования компетентностного подхода образовательных стандартов (ФГОС ВПО, ФГОС 3+). Оснащение лаборатории комплексом оборудования позволяет повысить конкурентоспособность конструкторско-технологического направления.

Библиографический список

1. Д.С. Воруничев, М.В. Покровская. Бессвинцовые технологии: риски и перспективы для российского рынка электроники // Вестник РГРТУ.2014. -№4 (выпуск 50). Часть 2. - С. 107-113

2. Остек – СМТ [электронный ресурс]. URL: http://www.ostec-smt.ru/

УДК: 658.5.011

УЧЕБНО-НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ КОМПЛЕКС ИСПЫТАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ И МИКРОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Воруничев Д.С., Лазарев Е.М., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Введение

Оснащение современного испытательного центра электронных и микроэлектронных средств на базе лаборатории вуза сложным электро-

техническим комплексом, способным решать учебные, научные, исследовательские и производственные задачи, является сложно реализуемым в рамках учебного заведения. Однако оптимизация состава необходимого оборудования с учетом его многофункциональности, универсальности и ограничений спектра и сложности проводимых работ рамками образовательного процесса позволили создать современную лабораторию испытаний электронных и микроэлектронных средств. Оснащенная современным и передовым оборудованием, лаборатория входит в состав кафедры КПРЭС (Конструирования и производства радиоэлектронных средств), института РТС (Радиотехнических и телекоммуникационных систем) и относится к направлению “Конструирование электронных средств”. Учебно-научно-производственный комплекс испытания электронных и микроэлектронных средств сопряжен с другими двумя лабораториями кафедры: конструирования электронных средств и технологии электронных средств. Комплекс указанных и взаимосвязанных лабораторий позволяет полностью охватить этап создания электронного средства (конструирование-производство-испытание). На базе лабораторий может решаться широкий спектр учебных, исследовательских и коммерческих задач. Задействованное оборудование комплекса, в образовательном процессе по направлению подготовки 211000 “Конструирование и технология электронных средств” (11.03.03, 11.04.03) позволит студентам получать навыки работы на современном оборудовании, разрабатывать методики и программы испытаний, участвовать в исследованиях проводимых лабораторией, подготавливать статьи и доклады по проведенным работам, а так же подготавливать необходимые отчеты. Обозначенная деятельность необходима для реализации требования компетентностного подхода образовательных стандартов (ФГОС ВПО, ФГОС 3+).

1 Испытания электронных и микроэлектронных средств

Одной и наиболее острых проблем создания современных электронных и радиоэлектронных средств (РЭС) является проблема обеспечения и контроля качества. Важнейшим этапом данной проблемы является этап испытаний электронных и микроэлектронных средств. Вопросы обеспечения качества необходимо решать уже на ранних стадиях проектирования. А важность комплексных испытаний, измерений и контроля качества вызваны сложностью современных РЭС, обусловленной постоянной микроминиатюризацией и повышением функциональности устройств [1].

Виды испытаний электронных средств, могут быть классифицированы по этапам жизненного цикла создания РЭС (табл. 1).

Таблица 1

Виды испытаний электронных средств на этапах жизненного цикла создания РЭС

Этап	Исследование	Разработка	Производство
Испыта-ния	Исследовательские Контрольные	Доводочные Предварительные	Квалификационные Предъявительские Приемосдаточные Периодические Типовые Инспекционные Сертификационные

Так же виды испытаний подразделяются по характеру воздействующих факторов (табл. 2).

Таблица 2

Виды испытаний электронных средств по характеру воздействующих факторов

Характер воздействия	Испытания
Время проведения	Нормальные Ускоренные
Результаты воздействия	Неразрушающие Разрушающие
Характеристики объекта	Функциональные Граничные Технологические
Внешние воздействующие факторы	Механические Климатические

2 Состав учебно-научно-производственного комплекса испытания электронных и микроэлектронных средств

Состав учебно-научно-производственного комплекса испытания электронных и микроэлектронных средств, представлен на рис. 1.

Рис. 1 Состав учебно-научно-производственного комплекса испытания электронных и микроэлектронных средств

Оборудование представленного лабораторного комплекса испытаний электронных средств имеет компактные габариты, требования по установки подходят для размещения в лаборатории вуза. При этом, комплекс оборудования позволяет решать широкий спектр учебных, научных и производственных задач по испытанию как электронных, так и микроэлектронных средств.

Камера тепла и холода ESPEC, SH-662 (Япония)

Настольные камеры серии Bench Top предназначены для проведения испытаний аппаратуры и приборов малых и средних размеров на воздействие климатических факторов в соответствии с требованиями ГОСТ РВ 20.57.306-98, ГОСТ РВ 20.57.416-98, ГОСТ 20.57.406-81 и стандартов МЭК. Камеры обеспечивают проведение испытаний следующих видов воздействия: повышенная и пониженная температура, повышенная влажность, циклические изменения температуры и влажности. Рабочий объем камер составляет 64 литра. Объем памяти контроллера хранит 11 программ. Восемь из них реализуют управление в программируемом режиме, три – в постоянном. Камера имеет четыре самоориентирующихся колеса для перемещения камеры по помещению лаборатории [2].

Особенности камеры:

- компактность. Отношение рабочего объема камеры к габаритным является самым высоким в мире;
- запись и копирование данных на внешнее записывающее устройство. В стандартном исполнении камеры оснащены USB портом, реализующим запись и копирование на USB накопитель графических данных и программ испытаний;
- в стандартной комплектации камера оснащена LAN разъемом, обеспечивающим управление камерой в удаленном режиме и подключение оборудования в локальную сеть;
- наличие емкости для увлажняющей воды, объем которой обеспечивает проведение испытаний в режиме повышенной влажности в течение суток.

Настольный вибростенд m060/MA1 (Япония)

Представленный малый вибростенд общего назначения, является новой серией (серия “М”). В данной модели усовершенствованы силовые характеристики, улучшены вибропараметры и динамические характеристики стенда в соответствии с ISO 5344. Стенд позволяет реализовывать вибрационные, различные ударные воздействия. Базовый вариант исполнения системы – настольный. Есть возможность присоединения горизонтального вибростола [2]. В состав системы входит специализированное программное обеспечение, позволяющее в диалоговом режиме осуществлять контроль состояния и управления испытаниями. Программа имеет интерак-

тивную справку и графику, позволяет создавать протоколы в формате документа Microsoft Word с графиками исследуемых данных, что позволяет использовать их студентами при подготовке отчетов по лабораторным работам. В ПО реализованы следующие возможности:

- Синусоидальная вибрация с качающейся частотой 5-3000Гц (Sweep Sine);
- Случайная вибрация 5-3000Гц (Random);
- Удар 5-3000 (Shock).

Установка тестирования микросоединений DAGE 4000Plus (Великобритания)

Механические испытания, проводимые на данном оборудовании необходимы при научных исследованиях и производстве микроэлектроники. Установка обеспечивает жесткие требования к точности, необходимые для подтверждения правильности новых конструктивных решений изделий микроэлектроники. Установка тестирования микросоединений позволяет проводить испытания на растяжение, сжатие, изгиб и сдвиг для различных материалов и элементов. Программное обеспечение позволяет осуществлять контроль и управление параметрами тестов. Проводимые испытания: механические микроэлектронных устройств, на сдвиг паяных соединений и компонентов, на прочность сцепления элементов, на адгезионную прочность, материалов, на растяжение и усталость тончайшей проволоки, на микро-изгиб кристалла кремния, на усталость паяных соединений, на прочность сцепления слоев печатной платы и другие испытания устройств и компонентов.

Заключение

Несмотря на сложности в оснащении современного испытательного центра на базе лаборатории вуза, оборудование учебно-научно-производственного комплекса способно решать широкий спектр задач в рамках образовательного процесса вуза. Так как оборудование лаборатории является многофункциональным и универсальным, то на нем может выполняться так же исследовательская и производственная деятельности. Оснащение лаборатории подобным оборудованием позволяет строить образовательный процесс на высоком современном уровне, а получаемые в результате компетенции студентами, востребованы на предприятиях отрасли. Так же, оснащение лабораторий кафедры современным оборудованием способствует привлечению молодых специалистов, повышает интерес к проводимым лабораторным и практическим занятиям. Интеграция комплекса с другими лабораториями кафедры позволяет охватить полностью этап создания электронного средства, что дает уверенные конкурентные преимущества при подготовке студентов по направлению подготовки 211000 “Конструирование и технология электронных средств” (11.03.03, 11.04.03).

Библиографический список

1. Федоров В., Сергеев Н., Кондрашин А. Контроль и испытания в проектировании и производстве радиоэлектронных средств. – М.: Техносфера, 2005 – 502 с.
2. Остек – испытания и контроль [электронный ресурс]. URL: http://www.ostec-test.ru/

УДК. 621.31:613.5:643/645:502/504:624:614.7.

ПОКАЗАТЕЛИ И КРИТЕРИИ КОМФОРТНЫХ И ДОПУСТИМЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ УСЛОВИЙ В «ЗЕЛЕНЫХ» ДОМАХ

Рябов Ю.Г., Трубицын А.В., Ломаев Г.В. Ермаков К.В.
МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Рассматривается проблема обеспечения комфортных электромагнитных условий в «зелёных» домах. По результатам анализа натурных условий в среде обитания предложен комплекс показателей и критериев комфортных, допустимых и безопасных условий электромагнитных полей естественного и искусственного происхождения. Намечены пути решения проблемы.

Введение

Одним из аспектов создания комфорта в «зеленых» домах является необходимость обеспечения комфортных электромагнитных условий (КЭУ) среды обитания внутри помещений. Сегодня в натурных условиях системы ЖКХ это связано, в первую очередь, с дефицитом и искажением природных факторов внутри помещений, постоянно растущим уровнем оснащения квартир и частных домов электробытовыми средствами и радиоприборами и, как следствие, существенным ростом техногенного электромагнитного загрязнения внутри жилых помещений. Во-вторых, необходимо учитывать и обеспечить защиту среды обитания от электромагнитных внешних воздействующих факторов (ВВФ) естественного и искусственного происхождения [1,2].

Среди специалистов существуют различия и корпоративные подходы в понимании показателей и критериев электромагнитных полей (ЭМП), соответствующих безопасным, допустимым и комфортным условиям жизнедеятельности. В существующих СанПиН РФ приведены нормы безопасности (компилированные в ПУЭ и СНиП), определяемые уровнями ЭМП в линейных частотных диапазонах 0 – 300ГГц, рассчитанных на воздействие одной или нескольких частот в одном диапазоне, но только стро-

го синусоидального вида (без гармоник), без учета влияния структуры ЭМП и действий других факторов [1,2].

По правилам СанПиН санитарные службы (именно в России) регистрируют поля индукций промышленной частоты (ПЧ) только в узком диапазоне частот (50±2 Гц). Не принимают во внимание, что до 80 % биологической «вредности» индукций ЭМП ПЧ, действующих сегодня на человека, составляют энергии гармоник, допустимые уровни которых должны снижаться пропорционально их частоте согласно «тепловым» критериям нагрева клетки, принятым в РФ, и рекомендациям зарубежных руководств (минус 6 дБ на октаву) [1,2].

Для помещений ЖКХ (для 24-х часов) уровни ЭМП ПЧ СанПиН 2.1.2.2801-10 регламентирует 500В/м и 4,0А/м, как и критерии безопасности для рабочих мест (8 часов). Но ведь условия «безопасности» и «комфорта» различны по понятиям, показателям и критериям. В зданиях, сооружаемых по этим нормам, большую часть жилых помещений, из-за условий дискомфорта в них необходимо, переводить в категорию нежилых помещений, в которых можно только «пребывать», но не «проживать». [1,2].

В развитых странах основным конкурентным, приоритетным показателем любого товара, услуг и условий является здоровье человека и качество его жизни, которые нельзя обеспечить в дискомфортных условиях. В среде комфортных условий повышается работоспособность персонала, снижается количество аварийных случаев, вызванных «человеческим фактором», сохраняются показатели ЭМС, искра защиты. Люди, проживающие в комфортных условиях жилых помещений, реже болеют. Увеличивается число активных долгожителей.

Фон техногенных ЭМП ПЧ в помещениях ЖКХ РФ выше, чем в помещениях зданий, построенных зарубежными строителями. Общий фон может представлять собою суперпозицию (векторную сумму) полей узкополосных и широкополосных частот, действующих в разных диапазонах, пульсирующих и вращающихся полей, регулярных и нерегулярных последовательностей импульсных полей. Особую опасность представляют действующие, но не контролируемые СанПиН неестественные показатели ЭМП: поляризация геомагнитного и геоэлектрического полей; направления вращения вектора ЭМП; дискомфортные направления действия пульсирующего вектора ЭМП на тело человека; ЭМП до 500(2000)Гц, индуктируемые токами гармоник промышленной частоты, действующими в электросетях здания [2-4].

Ввиду неоднозначности оценки фона показателей индукций ЭМП ПЧ в современных жилых помещениях и на рабочих местах зарубежными учеными по результатам анализа случаев поражений людей (детей) были рекомендованы граничные критерии интенсивности показателей фона, когда организм человека на них практически не реагирует. ВОЗ

рекомендовал допустимую норму индукции МП ПЧ не более 0,2мкТл (0,16А/м). В стандарте ТСО 91(99) (Швеция), по результатам исследований (Иосиды Омуры (США) и др.) были рекомендованы нормы ЭМП ПЧ 0,16мкТл(0,12А/м) и 10В/м для компьютерных помещений [4,5].

В настоящей статье, по результатам многолетней практики анализа (совместно с врачами) случаев поражения людей, обеспечения комфортных электромагнитных условий (КЭУ) на рабочих местах и жилых помещений, впервые представлен для обсуждения комплексный перечень, содержащий показатели и критерии комфортных и допустимых условий с учетом результатов последних исследований в области воздействия ЭМП на человека. В перечне также представлены критерии граничных уровней электромагнитной безопасности [4,5].

Показатели и критерии комфортных, допустимых и безопасных условий для «зеленых» домов.

Статус комфортных условий – рекомендуемый. Статус допустимых условий и граничных уровней безопасности – регламентированный.

В табл.1 приведено сравнение показателей предельно допустимых уровней (ПДУ) природных факторов электромагнитной безопасности (ЭМБ) в среде обитания, регламентированных ГОСТ Р 51724-2001, СанПиН 2.1.8/2.2.4.2489-09, СанПиН 2.1.2.2801-10 и предложенных (проверенных) критериев комфортных электромагнитных условий (КЭУ) «хорошей погоды» для жилых помещений [1,5,].

Таблица 1

Допустимые (официально) и комфортные критерии природных показателей ЭМБ и КЭУ в жилых помещениях

Фактор	**Показатели**	**ГОСТ Р 51724-2001 СанПиН 2.1.8/2.2.4.2489-09 СанПиН 2.1.2.2801-10**	**Комфортные условия («хорошая погода») [2]**
ГМП	1.Относительная напряженность - Кг=Н0/НВ. 2.Градиент напряженности Кгра=[Кг2 – Кг1]/h/100,%/м. 3.Угол наклонения – плюс I° относительно нормали к поверхности Земли.	1,5(2)(4) ----------	1,15-0,8 1,5 – 2,5 (±70°)

Фактор	**Показатели**	**ГОСТ Р 51724-2001 СанПиН 2.1.8/2.2.4.2489-09 СанПиН 2.1.2.2801-10**	**Комфортные условия («хорошая погода») [2]**
ГЭП	1.Напряженность - минус Е, В/м.	---------- (статическое электричество - определено Е=±15000 В/м вместо критерия ГЭП «хорошей погоды» (120±100В/м)	–(10–300) (+Е – дискомфортные условия)
АИУ	1. Легкие ионы (подвижность к ≥0,4см3/В×с) (n – ион/см3).	----------	Мин. –n+>700; n - >700
	2.Коэффициент униполярности - Ку=n+/n- .	----------	0,4<n+/n–<1,0 (санитарное значение)

Обозначения:

ГМП и ГЭП – геомагнитное и геоэлектрическое поле– направление вектора в сторону Земли.

АИУ – аэроионные условия воздушной среды обитания. H_0 и $H_в$ - напряженность модуля вектора ГМП в свободном пространстве и внутри помещения по ГОСТ Р 51724-01.

Кг2, Кг1 и h – результаты оценки Кг в контрольных точках 2 и 1 и расстояния в метрах между ними.

Кгра = [Кг2 –Кг1]/h/100, %/м – градиент напряженности ГМП.

Е – напряженность модуля вектора ГЭП.

n^+ и n^- - количество легких положительных и отрицательных ионов – ион/см^3 с подвижностью **к** ≥0,4см^3/В×с.

В табл.2 приведено сравнение показателей и предельно допустимых уровней (ПДУ) техногенных официальных факторов электромагнитной безопасности (ЭМБ) и предложенных (проверенных) критериев комфортных электромагнитных условий (КЭУ) для жилых помещений [1,3,5].

Таблица 2

Допустимые (официальные) уровни и комфортные критерии техногенных показателей ЭМБ, КЭУ, РЧ и СВЧ в жилых помещениях

Фактор	**Показатели**	**Нормативные документы: СанПиН 2.1.2.1002-00, СанПиН 2.1.2. 2801-10 (пульсирующие ЭМП)**	**Комфортные критерии (условия); (невосприимчивые организмом); {рекомендации ВОЗ и стандарта ТСО 91(99) (Швеция) в том числе и для вращающихся ЭМП}.**
ЭМП ПЧ	1. ЛП МП, А/м.	4(8) (в полосе 50±2Гц)	0,12(0,16) (в полосе 5-2000Гц).
	2. ЛП ЭП, В/м.	500 (в полосе 50±2Гц)	10 (в полосе 5-2000Гц).
	3. ВМП ПЧ, А/м.	----------	0,12 (0,16) (в полосе 5-2000Гц). (право-лево-сторонние)
	4. ВЭП ПЧ, В/м.	----------	10 (в полосе 5-2000Гц). (право-лево-сторонние)
РЧ	Частота (0,03 – 300) МГц.	0,03-0,3 | 0,3-3 | 3-30 | 30-300	0 0,03-0,3 | 0,3-3 | 3-30 | 30 - 300
	Е – В/м.	25 | 151 15 | 101 10 | 3 3	2,5 | 1, 1,5 | 1,0 1,0 | 0,3
СВЧ	ППЭ–(0,3-40(300))ГГц, мкВт/см^2.	10	1,0
СЭ	1.минус Е – В/м.	±15000	–100 (8час.); –50 -+30 (24час.)
	2.Время утечки наведенных зарядов при относительной влажности >30%., ty – секунды.	----------	<0,1

Обозначения:

ЭМП ПЧ – электромагнитное поле промышленной частоты.

ЛП МП и ЛП ЭП – линейно поляризованное (пульсирующее) магнитное и электрическое поля.

ВМП ПЧ и ВЭП ПЧ – вращающееся магнитное и электрическое поля ПЧ.

РЧ, СВЧ и СЭ – радио частота, сверхвысокая частота и статическое электричество.

ППЭ – плотность потока энергии.

ВОЗ – всемирная организация здравоохранения.

Рекомендуемые критерии допустимых условий и уровней безопасности электромагнитных природных факторов в жилых помещениях приведены в табл.3.

Таблица 3

Рекомендуемые критерии допустимых условий и уровней безопасности природных электромагнитных факторов

Фактор	**Показатели**	**Критерии допустимых условий**	**Критерии уровней безопасности**
ГМП	1.Относительная напряженность - Кг=$H_0/H_{B.}$	1, 25– 0,78	1,5 – 0,6
	2.Градиент напряженности Кгра=[Кг2 – Кг1]/h/100,%/м.	5,0	12,0
	3.Угол наклонения – плюс I° в объеме стерадиана относительно нормали к поверхности Земли.	(±75°)	(±80°)
ГЭП	1.Напряженность - минус Е, В/м. Плюс Е, В/м.	–(0,0–400) +(0,0-30,0)	–(0,0-1000) +(0,0-50,0)
АИУ	1. Легкие ионы (подвижность **к** ≥0,4см^3/В×с) **(**n – ион/см^3). 2. 2. Коэффициент униполярности - Ку=n^+/n^-	Мин. –n^+>600; n^- >700 0,4<n^+/n^-<1,0 (санитарное значение)	Мин. –n^+>400; n^- >500 0,4<n^+/n^-<1,0 (санитарное значение)

Рекомендуемые критерии допустимых условий и уровней безопасности электромагнитных техногенных факторов в жилых помещениях приведены в табл.4.

Таблица4

Рекомендуемые критерии допустимых условий и уровней безопасности техногенных электромагнитных факторов

Фактор	**Показатели**	**Критерии допустимых условий**				**Критерии уровней безопасности**			
ЭМП ПЧ	1. ЛП МП, А/м.	0,12(0,16) (в полосе 5-2000Гц).				0,16(0,24) (в полосе 5-2000Гц).			
	2. ЛП ЭП, В/м.	10(25) (в полосе 5-2000Гц).				10(25) (в полосе 5-2000Гц).			
	3. ВМП ПЧ, А/м.	0,12 (0,16) (в полосе 5-2000Гц). (право-лево-сторонние)				0,16 (0,2) (в полосе 5-2000Гц). (право-лево-сторонние)			
	4. ВЭП ПЧ, В/м.	15 (в полосе 5-2000Гц). (право-лево-сторонние)				25 (в полосе 5-2000Гц). (право-лево-сторонние)			
РЧ	Частота (0,3 – 300) МГц	0,03-0,3	0,3-3	3-30	30-300	0,03-0,3	0,3-3	3-30	30 - 300
	Е – В/м.	4	3	2	0,6	9	6	4	1,2
СВЧ	ППЭ - мкВт/см^2, 0,3-40(300)ГГц.	2,0				8,0			
СЭ	1.минус Е – В/м.	–300 (4час.); –200 - +50 (8час.)				–800 (2час.); –300 - +100 (8час.)			
	2.Мин.время утечки наведенных зарядов при относительной влажности >30%, ty – секунды.	<1,0				<2,0			

Заключение

В табл.1-4 все три категории показателей и критериев должны быть гармонизированы с требованиями: к «зеленому» строительству, к средствам контроля, к индивидуальным регистраторам-индикаторам, к метрологическому обеспечению, к нормативной документации. Должны быть совместимы с требованиями других электромагнитных направлений: ЭМС, ЭМИ, искрозащиты, молниезащиты, преднамеренных силовых электромагнитных воздействий.

Библиографический список

1. Рябов Ю.Г., Яковлев Г.Н., Ломаев Г.В., Яшин А.А., Билецкий С.Э. Погода в доме. Охрана труда и социальное страхование, №4, 2014, с.60-70.

2. Рябов Ю.Г., Энговатов В.И., Билецкий С.Э. Концепция энергетической и электромагнитной безопасности (ЭЭМБ). Энергобезопасность и энергосбережение, №1, (июль-август) 2008, с.8-3.

3.Рябов Ю.Г., Гуров И.Б. Экранирование встроенных трансформаторных подстанций. Технологии ЭМС. №3(50) 2014, с.21-35.

4. 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.

5. Electromagnetic Fields and Public Health. Extremely Low Frequency Fields and Cancer. Fact Sheet no/ 263 – Geneva: WHO, 2001. 14c.

УДК 621.396

РАСЧЕТ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИИ ОПТИЧЕСКОГО ГЕНЕРАТОРА В ИМПУЛЬСНОМ РЕЖИМЕ

Куртеева Ж.А., Васильев Е.В. МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Введение

Выходная энергия оптического генератора работающего по четырехуровневой схеме в импульсном режиме может быть рассчитана из уравнения для интегральной населенности $N(t)$ рабочего уровня [1].

$$\frac{dN(t)}{dt} = W(t)N_0 - \frac{N(t)}{0} - N(t)J(t), \qquad (1)$$

где: N_0 – концентрация активных центров, τ_0 – радиационное время жизни метастабильного уровня, $J(t)$ – световой поток (мощность). Полная выходная энергия светового импульса получается в результате интегрирования потока по времени.

$$Q = \int_{t_k}^{t_н} J(t)dt = \frac{1}{N_{пор}} N_0 \int_{t_k}^{t_н} W(t)dt - \frac{t_k - t_н}{0} \qquad (2)$$

Форма импульса накачки хорошо апроксимируется функцией

$$W(t) \quad ate^{\,bt} \tag{3}$$

где a и b – параметры аппроксимации.

Определение моментов

Рассчитать определение моментов $t_н$ и $t_к$ начала и конца генерации и вычислить интеграл в этих пределах при линейном нарастании мощности накачки важное условие. Пороговое значение инверсной населенности $N_{пор}$ и σ эффективное сечение взаимодействия считаем постоянными. $t_н$ - находится из пороговых условий:

$$\frac{dN(t)}{dt} \quad 0, \qquad J(t) \quad 0,$$

что следует из решения уравнения (1) [2]. Следовательно

$$\frac{dN(t)}{dt} \quad W(t)N_0 \quad \frac{N(t)}{0}. \tag{4}$$

Откуда

$$N(t) \quad \frac{aN_0}{2} \quad e^{\,bt}\left(\quad ^{1} \quad b\right) \quad e^{\,t/\ o} \quad N_{пор} \tag{5}$$

Уравнения (4) и (5) справедливы для всех моментов времени в отсутствие вынужденного излучения. Т.к. (5) трансцендентно, то $t_н=F(a)$ найдем построив семейство кривых $N(t,a)= N_{пор}$. Для силикатного стекла ЛГС-250, например , $N_{пор} / N_0=1{,}8\cdot10^{-2}$. Подставив это отношение в (5), найдем значение пороговой накачки $a_{пор}=1\cdot10^{-6}$. При линейном увеличении энергии накачки $E_n=a/b^2$ будем иметь семейство кривых $N(t,a)$. Используя условие $N(t,a)=N_{пор}$ получим ряд точек функции $t_н(a)$. К моменту $t_к$ при достаточно длительной накачке, пульсации инверсной населенности почти полностью затухают. Поэтому к моменту $t_к$ устанавливается состояние системы, при котором

$$\frac{dN(t)}{dt} \quad 0, \qquad J_{tk} \quad 0, \qquad at_k e^{\,bt_k} \quad \frac{N_{пор}}{N_0}. \tag{6}$$

Уравнение (6) трансцендентное и решается методом последовательных приближений или графически, аналогично (5).

На рис.1 и 2 представлены графики для расчета $t_н$ и t_k.

Из полученных графиков находим все величины, необходимые для расчета энергетической характеристики Q(a), которая в окончательном виде

$$Q \quad \frac{1}{} \quad \frac{N_0 a}{N_n b^2} e^{\,bt_н} \quad bt_n \quad 1 \quad e^{\,bt_k} \quad bt_k \quad 1 \quad \frac{t}{} \quad \frac{3}{2} \tag{7}$$

Энергетическая характеристика импульсного оптического генератора на стекле ЛГС-250 представлена на рис. 2.

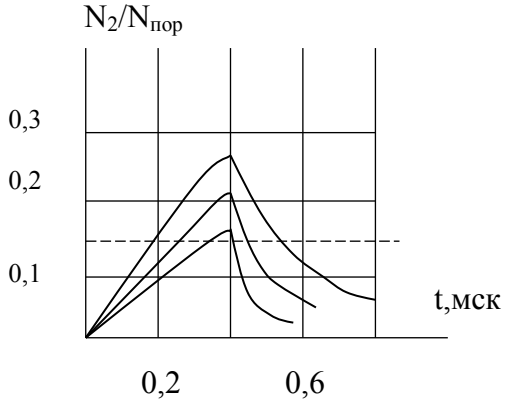


Рис.1

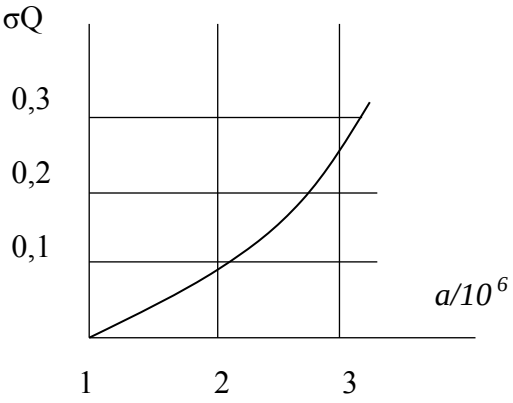


Рис. 2

Расчет выходной импульсной энергии и коэффициента полезного действия

На основании приведенной выше методики, возможно, рассчитывать выходную импульсную энергию и коэффициент полезного действия практически при любой форме импульса накачки. Как видно в приведенном практическом случае для стекла, характеристика нелинейна. Однако, при изменении формы импульса накачки можно достичь хорошей линеаризации.

Следующим шагом, является расчет интенсивности потока фотонов и мощность энергии излучения твердотельного генератора в квазистационарном режиме.

Уравнение для интенсивности потока фотонов и относительного изменения населенности:

$$\frac{d\ t}{dt}\ W(t)\frac{N_0}{N_{пор}}\ \ \frac{t}{-}\ _{эфф}J(t)\ ,\qquad \frac{dJ(t)}{dt}\quad d\ (t)J(t) \qquad (8)$$

$$\alpha = N_{пор}\sigma_{эф}V\ ,$$

где – $\delta(t)=[N_3(t)-N_{пор}(t)]\ /\ N_{пор}$ относительное отклонение населенности метастабильного уровня от пороговой, $J(t)$ – интегральная интенсивность потока фотонов, N_0 – концентрация активных центров, $N_{пор}$ – пороговая населенность метастабильного уровня, $N_3(t)$ – текущая населенность, τ – время жизни, $W(t)$ - мощность накачки, $\sigma_{эф}$ – эффективное сечение взаимодействия, V- скорость света в активной среде.

Уравнения (8) решаются методом последовательных приближений. Пренебрегая спонтанным излучением получаем рекуррентную формулу

$$J_n(t) = a \int_{t_n}^{t_k} J_{(n-1)}(t)\, p \int_{t_n}^{t} W(t) \frac{N_0 - 1}{N_{пор}} \eta_{эф} J_{n-1}(t)\, a\, dt \quad . \quad (9)$$

В качестве исходной для итерации выбираем функцию

$J_n(t) = B\sin(t - t_н)$, если $t_н \le t \le t_к$

$J_n(t) = 0$, если $t < t_н$, $t > t_к$,

где $t_н$ и $t_к$ - моменты времени, соответствующие началу и концу импульса генерации, определяемые из (8) при условиях

$$\frac{dN_з(t)}{dt} = 0, \quad J(t) = 0; \quad \frac{dN_з(t)}{dt} < 0, \quad J(t) = 0.$$

В результате получено приближенное решение уравнения (8) для синусоидальной и экспоненциальной аппроксимации функции *W(t)*.

Заключение

На основе решений получены выражения для мощности излучения *J(t)*. Результаты решения уравнений для экспоненциальной аппроксимации вероятности накачки сопоставлены с экспериментом, проведенным с генератором на неодимовом стекле с неоднородно-уширенной линией люминесценции при подборе параметров.

$$J(t) = aB\left[At_н - \frac{1}{2}Abt_н^2 - \frac{2Ab^2}{2} - A(t - t_н)^2 b - \frac{1}{2}bt_н\right]\left[\frac{\sin(t - t_н)\cos(t - t_н)}{2}\right] \quad (10)$$

Здесь $a_{пор}, b, k, \Omega, B$ – параметры аппроксимации, $A = \frac{a_{пор} \kappa N_0}{N_{пор}}$.

Энергия связана с потоком *J(t)* соотношением

$$E(t) = \frac{1 - r}{1 + r} Sh \int_{t_н}^{t} J(t)dt \quad ,$$

где r – коэффициент отражения выходного зеркала, S –поперечное сечение генерирующей части образца, h – постоянная Планка, ν - частота излучения.

Библиографический список

1. Кравцов Н.В. Основные тенденции развития твердотельных лазеров с полупрповодниковой накачкой. “Квантовая электроника”, 31, №8 (2001), с.661.

2. Григорьянц В.В. Эффективное усиление и форма спектрального провала в лазерных средах с неоднородным уширением спектральных линий, “Радиотехника и электроника”, № 10, (1981).

УДК 621.396

НАДЕЖНОСТЬ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ОХЛАДИТЕЛЕЙ МИКРОСХЕМ РЭА С ВАКУУМНЫМИ ПОЛИМЕРНЫМИ ПОКРЫТИЯМИ

Лучников П.А., Назаренко А.А., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Введение

Термоэлектрический полупроводниковый микромодуль (ТЭМ) на основе эффекта Пельтье является прямым преобразователем энергии (из электрической в тепловую) – режимы охлаждения или нагрева, так и обратное преобразование – режим генерации электрической энергии. К надежности термоэлектрического охладителя (ТЭО) микросистем радиоэлектронной аппаратуры (РЭА), предъявляются повышенные требования [1].

Термостатируемый элемент электронных схем РЭА размещается на охлаждаемой поверхности термоэлектрического охладителя (ТЭО) (рис.1) путем припоя или теплопроводящего клея.

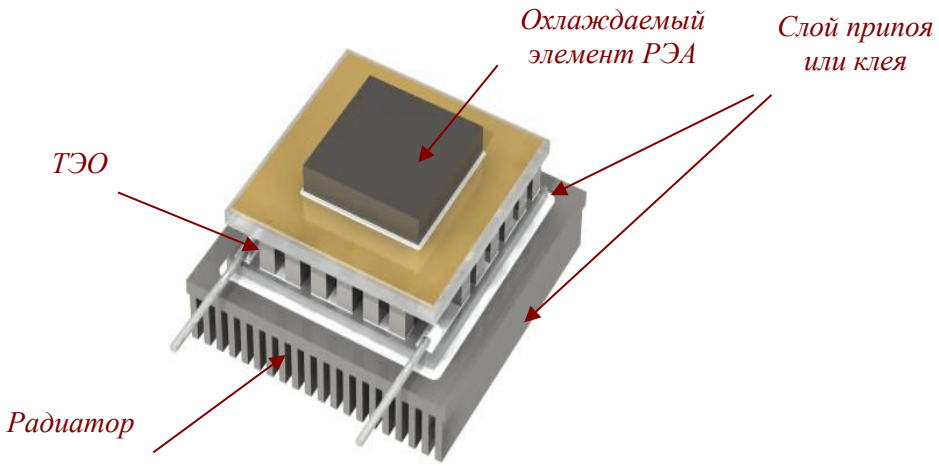


Рис.1. Иллюстрация крепления элемента РЭА на поверхности ТЭО

Надежность работы микроразмерных ТЭО ограничивается при эксплуатации в экстремальных условиях – как в обычной воздушной атмосфере так и в агрессивных средах из-за взаимодействия элементов конструкции с окружающей средой [1].

Эффективным способом защиты ТЭМ от воздействия атмосферы является путь герметизации путем нанесения на внутренние и внешние поверхности ТЭО сплошого полимерного покрытия. Для этих целей разработаны полимерные покрытия малой толщины до 2…5 мкм, наносимые из

газовой фазы [2-5] в низком вакууме за одну технологическую операцию. Такие вакуумные покрытия могут иметь структуру на основе полипараксилиленов (ППК), поли-фтор-ксилилена (ППФК) и фторполимеров (близких к промышленному Ф-4 и Ф4-МБ). Высокая равномерность покрытия по толщине, в т.ч. на острых кромках и в узких (< 1 мкм) зазорах, делают покрытие незаменимым для сложнопрофильных поверхностей.

1. Методика нанесения защитных покрытий

В качестве опытных образцов ТЭО для нанесений защитных полимерных покрытий использовали термоэлектрические охладители типа 1MD04-012 производства компании ООО «РМТ».

Вакуумные однослойные и многослойные гетерогенные покрытия на основе фторполимеров, формировались методом осаждения из активной газовой фазы при ВЧ-распылении (ВЧП) или при электронно-лучевом диспергировании мишени блочного полимера Ф4 [2, 3].

Покрытия на основе ППК и ППФК наносили осаждением при давлении 8 Па в замкнутой системе сублиматор – пиролизатор – камера осаждения при температуре рабочей поверхности изделия ~ 40 °С в течение 45 мин [5, 6].

Испытания проводились при максимальных значениях рабочих электрофизических величин: тока I_{max} и напряжения U_{max} и мощности Q_{max}. Перед герметизацией опытной партии модулей ТЭО измеряли максимальную разность температур ΔT_{max}, которая до герметизации ТЭО составляла значение $\Delta T_{max} = 66{,}4$ °С.

Критериями оценки о надёжности термоэлектрических модулей являются: – электрическое сопротивление R и термоэлектрическая добротность Z. Для измерений этих параметров использовался так называемый Z-метр Серии Z-R-τ метров, позволяющий осуществлять измерения следующих параметров: – сопротивления на переменном токе; – ТЭ добротности Z; – постоянной времени τ. Постоянная времени τ модуля ТЭ – это время, необходимое для того, чтобы при включении тока разность температур ΔT модуля ТЭ возросла от 0 до 0,63 ΔTst , где ΔTst – стандартная разность температур между пластинами для данного охладителя.

Критерием оценки стойкости термоэлектрических модулей к воздействиям окружающей среды принято изменение электрического сопротивления R и термоэлектрической добротности Z после воздействий на величину не более 5 % от первоначально измеренных значений.

Для оценки предложенного метода защиты ТЭО от воздействия агрессивных сред и влаги, проводились следующие испытания: – хранение на воздухе при повышенной температуре; – воздействие химической среды; – воздействие влаги.

2. Результаты испытаний

Перед нанесением на ТЭО защитных полимерных покрытий измеряли максимальную разность температур ΔT_{max} в вакууме, в соответствии с требованиями ТУ, которая составила в среднем 70,1 °С. Измерения повторили после нанесения на эти же ТЭО покрытий ППФК и Ф4-МБ толщиной 5 мкм, что дало в среднем ΔT_{max}= 69,8 °С, т.е. уменьшение ΔT_{max} составило 0,3 °С. Для определения стойкости ТЭО с защитным покрытием на основе фторполимеров толщиной 0,3 и 5 мкм к повышенной температуре при 125 °С на воздухе в течение 1100 ч.

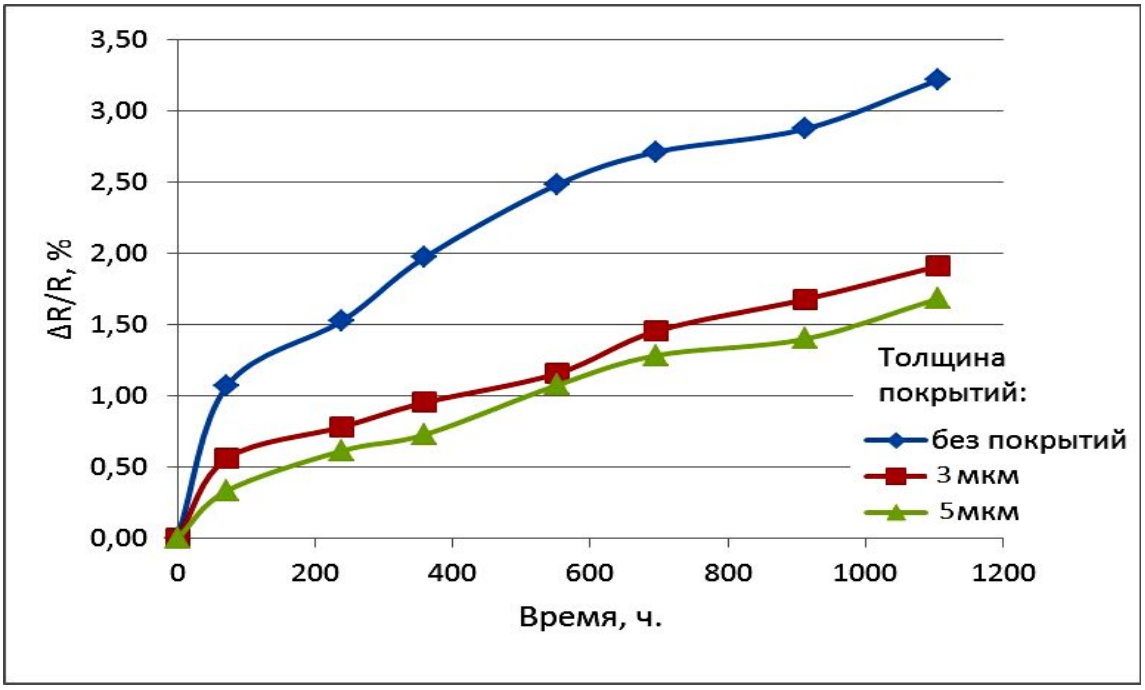


Рис.2. Относительное изменение электрического сопротивления ТЭО с течением времени

На рис.2 и рис.3 представлены графики изменения основных параметров ТЭО. Для всех партий ТЭО изменение *R* и *Z* по сравнению с первоначальными значениями не превысило 5 % критерия. Из приведённых графиков видно, что выходные параметры термоэлектрических охладителей с фторполимерными покрытиями более стабильны, чем параметры модулей без покрытия.

3. Воздействие химической среды

Испытания ТЭО в химически активной среде проводились при воздействии 10 % водного раствора NaOH при длительности испытания до 336 ч. Испытания проводились на образцах ТЭО с защитными вакуумными фторполимерными пленками толщиной 3 и 5 мкм путем при выдержке в

10 % растворе NaOH. После испытаний не защищенные полимером ветви термоэлектрических охладителей разрушались в растворе NaOH, а в то же время ветви модулей с вакуумным покрытием 5 мкм после испытаний не имели дефектов.

Параметры термоэлектрических охладителей с покрытием ППФК *и* Ф4-МБ оказались более стабильными, причем изменения обоих параметров *R* и *Z* ТЭО с 3-микронным покрытием превысили 5 %-й критерий, а с 5-микронным – не вышли за пределы критерия.

Испытания ТЭО на стойкость к воздействию химической среды. Находившиеся под электрической нагрузкой в 10 % водного раствора NaCl напряжение 3,7 В (½ U_{max}) в течение 336 ч. ТЭО с вакуумным полимерным покрытием толщиной 3 мкм вышли за пределы 5 % критерия, а с покрытием толщиной 5 мкм остались в пределах 5 %.

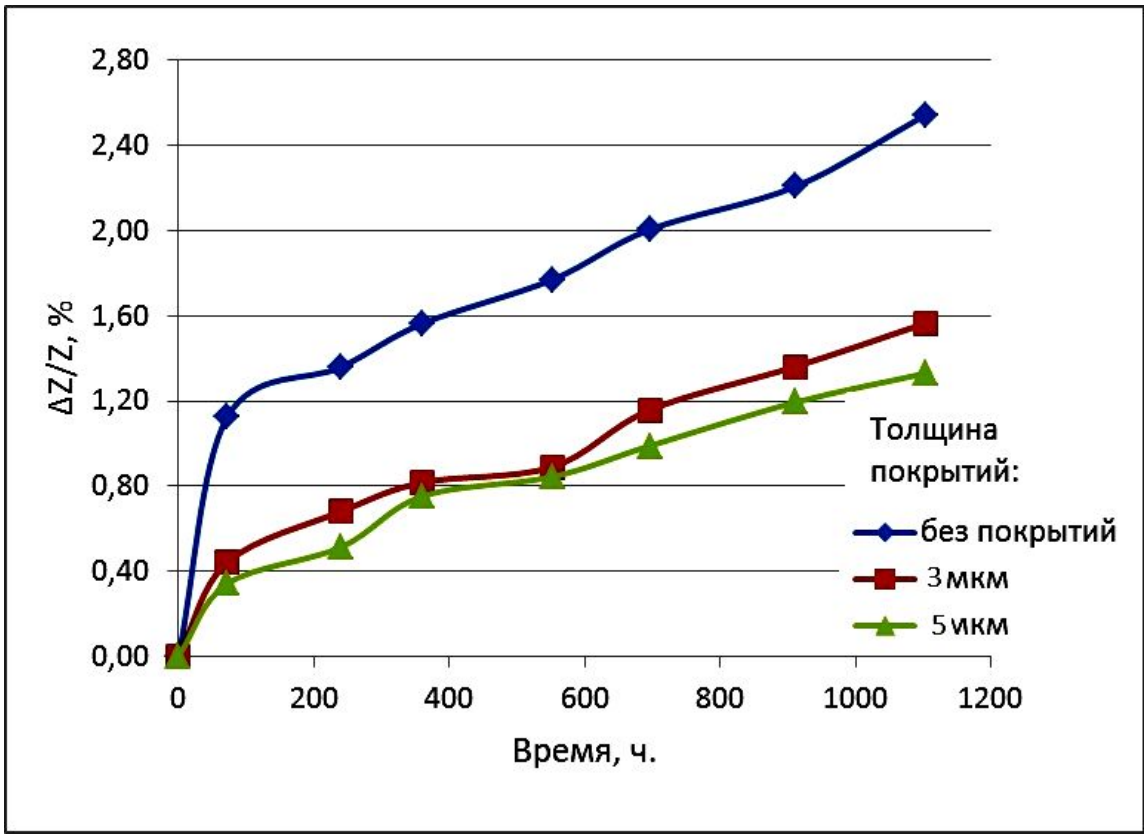


Рис.3. Относительное изменение термоэлектрической добротности ТЭО с течением времени

Из полученных результатов испытания ТЭО следует, что все модули прошли испытание, параметры модулей остались в пределах 5 %. Следует отметить, что параметры ТЭО с покрытием фторсодержащих полимеров сохраняют более высокую стабильность в отличие от модулей с другими полимерами.

Заключение

Исследована стойкость ТЭО с покрытием на основе вакуумных фторсодержащих полимеров ППФК и Ф4-МБ при хранении на воздухе и в экстремальных условиях. Основные параметры ТЭО с полимерными вакуумными покрытиями более стабильны при повышенной температуре более 1000 ч., по сравнению с ТЭО с известными видами покрытий. Вакуумные защитные покрытия на основе фторсодержащих полимеров ППФК и Ф4-МБ наиболее эффективны при толщине превышающей 3…5 мкм в средах с химическим воздействием.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ (базовая часть, проект № 1079).

Библиографический список

1. Анатычук Л.И. Термоэлементы и термоэлектрические устройства. Справочник.– Киев: Наукова думка, 1979. – 768 с.

2. Лучников А.П., Лучников П.А., Рогачев А.А. Наноструктурные и морфологические свойства вакуумных фторполимерных пленок на кремнии // Нано- и Микросистемная техника. 2007. № 10(87). С. 6–11.

3. Иванов В.И., Лучников П.А., Сигов А.С., Суржиков А.П. Ионно-плазменные технологии в радиоэлектронике / Основы радиоэлектроники и связи. Часть 8: Учебное пособие / Под ред. акад. РАН А.С. Сигова.– М: Радиотехника, 2014. – 270 с.

4. Кардаш И.Е., Пебалк А.В., Праведников А.Н. Химия и применение поли-п-ксилиленов // итоги науки и техники / Серия: Химия и технология ВМС.– М.: ВИНИТИ, 1984. Т. 19. С. 66–150.

5. Афанасьев М.С., Лучников П.А., Митягин А.Ю., Назаренко А.А., Чучева Г.В. Особенности технологической совместимости формирования слоистых гетероструктур на основе углеродных и перовскитных пленок // Наноматериалы и наноструктуры – XXI век. 2012. № 1. Т. 3. С. 29–36.

УДК 621.396

ИМПУЛЬСНАЯ СВАРКА MIG/MAG

Мамаев С. С., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Введение

Рынок на данный момент предоставляет потребителю сварочные инверторы 2 типов, дуговая сварка электродом и полуавтоматическая. Ос-

новные характеристики первого: Ценовая категория 5 000 - 20 000р. на 2015г., сварочный ток 160 – 250А, защиты по макс. току, температуре. Второго: Ценовая категория 25 000 – 200 000 р. на 2015г.,типы сварки (среда в которой происходит плавления электрода), максимальные ток, защиты. Различие цены зависит от данных функциональных качеств, качества сборки, бренда фирмы производителя. Причем наилучшее соотношение цена-качество достигаются средней ценой соответствующей категории.

Целью представленного проекта является создание схем сварочного инвертора на современной элементной базе стоимостью ручной сборки на более 15 000 р. на 2015 год. Данная схема должна обеспечить уровень надежности инверторов данной ценовой категории и включать технологию импульсной сварки MIG/MAG, которая применяется только сварочных полуавтоматах.

Технология импульсной сварки

Данная технология позволяет подавать высокий, но короткий импульс тока на электрод, тем самым вызвать плавление электрода и разогрев сварной поверхности исключив прожигание последней. Большой ток обеспечивает нужную температуру, затем схема, изменяя уровень подстройки обратной связи, уменьшает его до малого, тем самым позволяет рассеять лишнюю энергию.

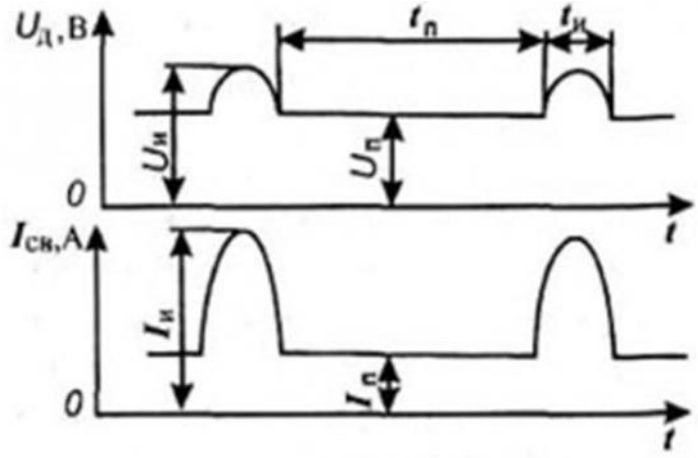
При капельном переносе наблюдается снижение технологических характеристик дуги, а также затруднение сварки в отдельных положениях. При этом, расход металла электродов увеличивается на 12-15%. Чтобы повысить характеристики дуги, используется изменение ее мощности – (Рис. 1).

Однако скорость подачи электродной проволоки не равна скорости ее плавления. Чтобы ускорить процесс плавления проволоки электрода, на нее воздействуют импульсом тока, что и обеспечивает образование капли на конце электрода.

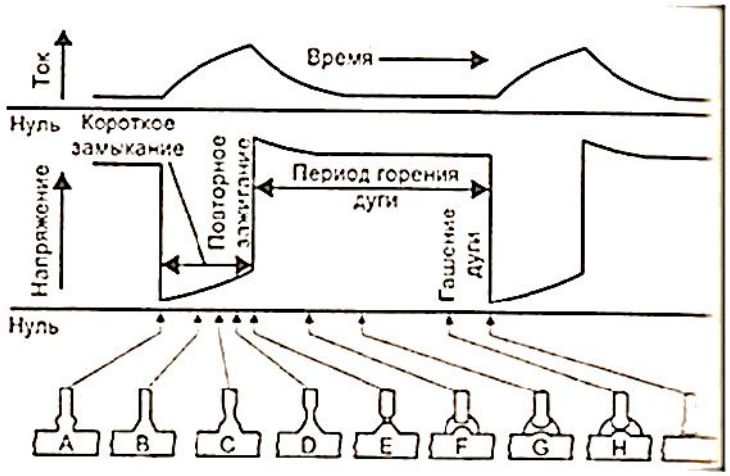
Электродинамические силы, резко увеличиваясь, сужают шейку капли, сбрасывая ее к сварочной ванне. В данном случае можно применять как одиночные, так и целую группу импульсов.

Стабильность всего MIG/MAG процесса напрямую зависит от соотношения длительности и величины импульсов и пауз между ними.

Методом подбора тока импульса и дуги можно ускорить плавку проволоки электрода, способствовать изменению формы и размеров сварочного шва. Наконец, можно уменьшить нижний предел сварочного тока, который отвечает за стабильность горения дуги.



Изменение тока и напряжения при импульсной MIG/MAG сварке:
$I_П$, $U_П$ – ток и напряжение основной дуги, $I_И$, $U_И$ – ток и напряжение дуги во время импульса, $t_П$ – длительность паузы, $t_И$ – длительность импульса



Осциллограмма импульсной MIG MAG сварки короткой дугой

Рис. 1. Технология MIG/MAG

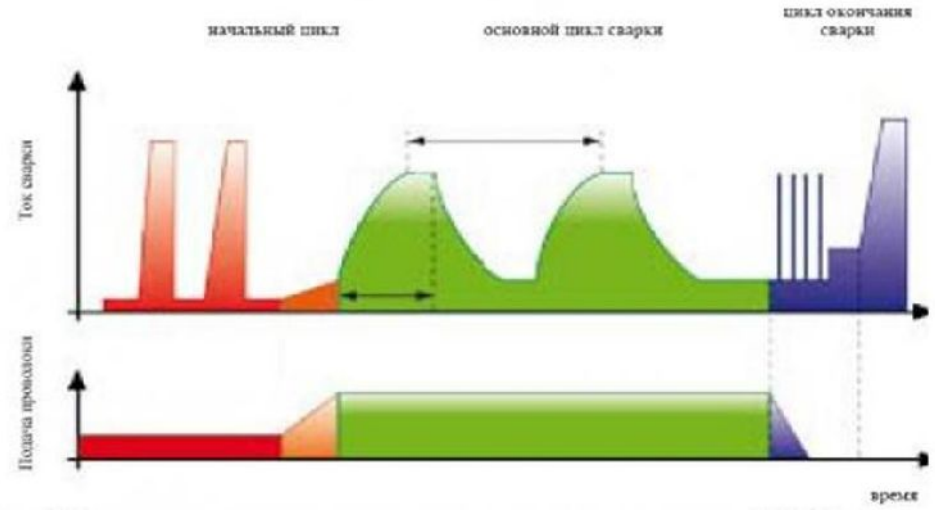


Рис. 2 Современная MIG/MAG сварка

Преимущества: импульсной сварка MIG/MAG

Переход капельного переноса в мелкокапельный и струйный (в режиме короткого замыкания);

Устойчивую работу в диапазоне малых токов (от 5 А до 40 А);

Снижение общего уровня тока и, как следствие, уменьшение тепловложений в металл;

Снижение разбрызгивания (до 1,5 - 3% от общего расхода проволоки);

Более плавный переход от металла наплавленного валика к основному металлу.

Техническое задание

Применить технологию MIG в электродно-дуговой сварке. Регулируемыми параметрами являются частота, ширина импульса, максимальный и минимальный уровни тока. Сварной ток не менее 200 А. Стоимость ручной сборки из имеющихся на рынке радиокомпонентов 12 000-15 000 р.

Для реализации данного проекта требуется разработать схему сварочного инвертора, с топологией силовой части косой мост, и схему управления ШИМ контроллера.

Заключение

В результате проведенных схемотехнических и экспериментальных исследований были разработаны принципиальные схемы устройства, позволяющие реализовать вышеупомянутые идеи рис.3, 4.

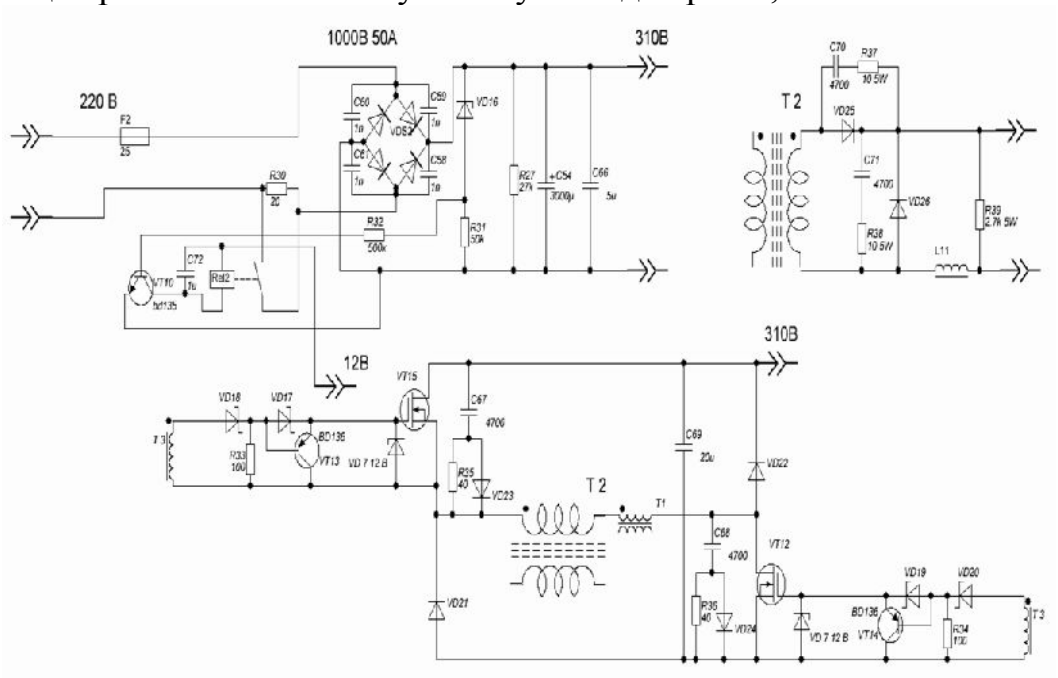


Рис 3. Упрощенная схема силовой части сварочного инвертора

Силовая часть построена по топологии косой мост (однополупериодный, прямоходный). Силовые ключи IRGP50B60 по 2 в параллель. Диоды 21…24 HFA30PA60C. Затворами управляет развязывающий трансформатор, с цепочкой разряда на pnp транзисторе.

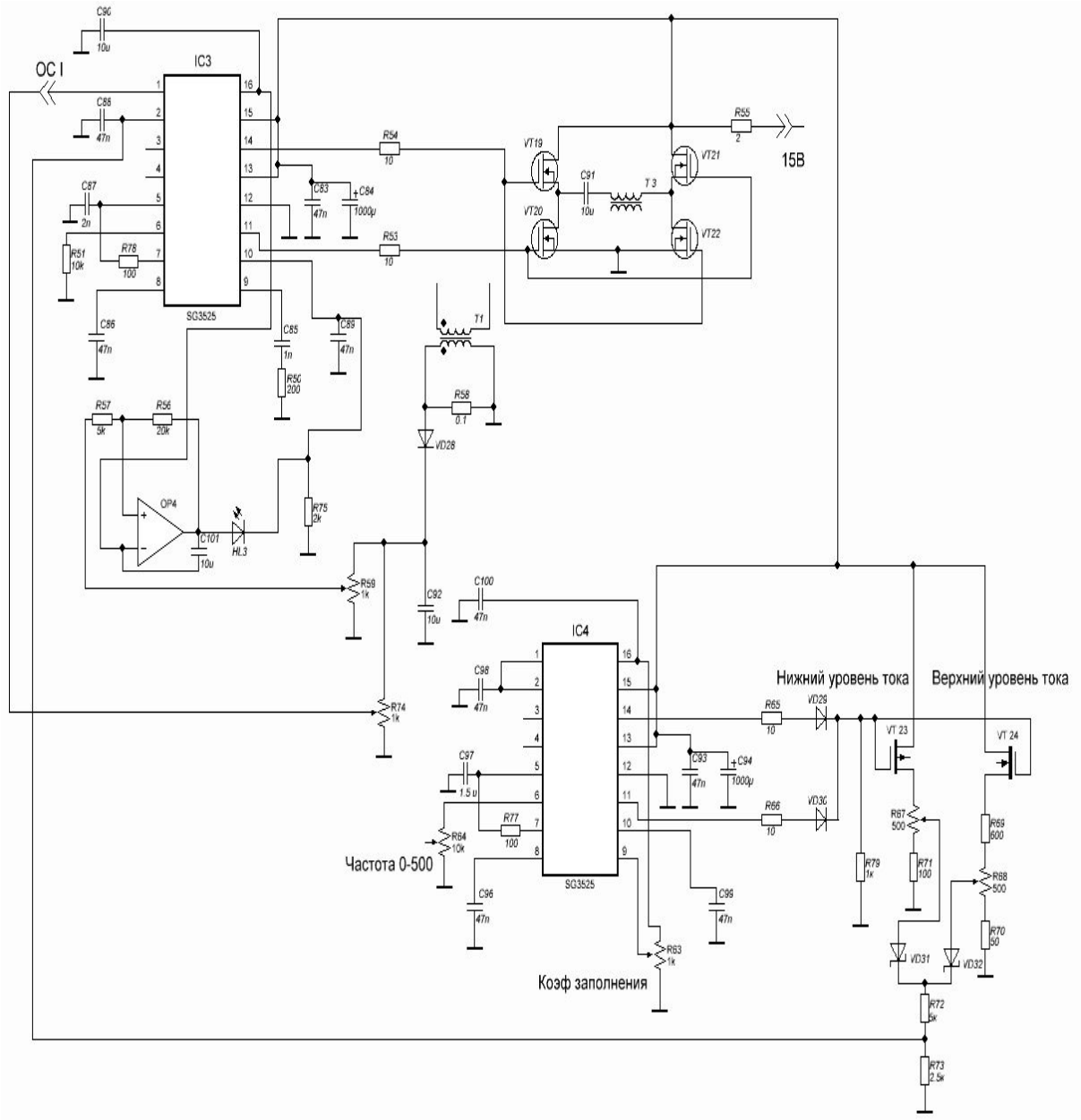


Рис 4. Схема управляющей части

Инвертором управляет ШИМ контроллер SG3525 (IC3), которым в свою очередь управляет такая же микросхема (IC4). Ток вторичной обмотки силового трансформатора пропорционален уровню напряжения на первом выводе IC3. Она подстраивает его под уровень, второго вывода управление которым осуществляет IC4.

Библиографический список

1. Электронный ресурс [http://www.skladsvarki.ru/stati/svaka-mig/mag.html]
2. Электронный ресурс [http://www.msvarki.ru/welding/?data_id=142]

УДК 621.793: 539.216

КОМПОЗИЦИОННЫЕ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ ПОЛИАНИЛИНА ДЛЯ ИЗДЕЛИЙ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

Лучников П.А., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия,
Рогачев А.А., Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия,
Фролов А.М., Белорусский государственный университет транспорта, Белоруссия

Введение

Электропроводящие тонкопленочные полимеры, нашли широкое практическое применение в качестве защитных антистатических, антикоррозионных покрытий антенных и несущих конструкций и поглощающих электромагнитного излучение слоев, оптоэлектронных устройств, суперконденсаторов радиоэлектронной аппаратуры [1–3]. Такое широкое применение обусловлено уникальной способности, например полианилинов (PANI), которые является одним из наиболее перспективным электропроводящим полимером в силу их высокой технологичности и низкой стоимости. Особенно перспективным является технология нанесения наноразмерных покрытий из газовой фазы при распылении в вакууме исходного полимера методами элионики при одновременным допировании наночастицами металлов [4].

В работе рассмотрены структура и диэлектрические свойства композиционных покрытии на основе полианилина, допированными серебром в частотном диапазоне 25…10^6 Гц.

1. Образцы и методы исследования

Тонкопленочные покрытия PANI+nAg толщиной 50…200 нм формировали на диэлектрической подложке ситалла из активной газовой фазы, генерируемой электронно-лучевым диспергированием механической смеси исходных порошков полианилина (PANI) и хлорида серебра (AgCl) [4].

Исследуемые образцы формировали в виде планарного конденсатора, в котором электроды выполняли в виде встречно-штыревой структуры (высотой 220 нм, шириной 50 мкм, шагом 20 мкм).

Молекулярная структура получаемых покрытий исследовалась методом ИК-спектороскопии с помощью ИК-Фурье спектрофотометра Vertex-70.

Частотные характеристики комплексного импеданса Z измерялись с помощью измерителя импеданса Е7-20 при пошаговом изменении частоты f в диапазоне 25…10^6 Гц при измерительном сигнале в 1 В. Измерялось полное сопротивление Z и угол фазового сдвига φ между током и напряжением у исследуемого конденсатора. Значения действительных и мнимых составляющих проводимости, комплексного электрического модуля, комплексной диэлектрической проницаемости рассчитывали как [2]:

$$Z' \quad Z\cos \quad , \; Z'' \quad Z\sin \quad , \tag{1}$$

$$M' \quad C_0 Z'' , \; M'' \quad C_0 Z' , \tag{2}$$

где: C_0 – емкость исследуемого встречно-штыревого конденсатора в вакууме без покрытия; – круговая частота, равная $2\pi f$.

2. Результаты исследований и их обсуждение

При совместном электронно-лучевом диспергировании PANI и AgCl в молекулярной структуре осаждаемого покрытия наблюдаются электропроводящие области, т.е. в спектре фиксируются интенсивные полосы поглощения в области частот поглощения при 1150 $см^{-1}$ (–NH+ - группы) и в области 3200…2600 $см^{-1}$, характерной для колебаний производных аминов с положительно заряженным атомом азота [5]. Поглощение в области 1100…1150 $см^{-1}$ характеризует наличие проводящих областей в покрытиях на основе полианилина [6]. Так вблизи 1150 $см^{-1}$ в ИК-спектре покрытия PANI практически отсутствует, а у PANI+AgCl максимальный.

В электронный спектр покрытия PANI с хлористым серебром показывает поглощение для катион-радикалов в области 425 нм, поляронов при ~ 780 нм и делокализованных катион-радикалов в области > 800 нм, что свидетельствует о наличии электропроводящих состояний в PANI [7].

Анализ методами импедансной диэлектрической спектроскопии композиционных покрытий PANI+AgCl позволил установить, что в процессе роста электрофизические свойства формируемой системы изменяются не линейно (рис.1).

На рис.1 представлены графики годографа сопротивления (*а*) и частотная зависимость мнимой части электрического модуля M" (*б*) покрытий PANI+AgCl толщиной: 1 – 50 нм, 2 – 90 нм, 3 – 140 нм, 4 – 190 нм. Здесь образование наночастиц серебра в покрытии обуславливает некоторое снижение значения электрического сопротивления (уменьшение диа-

метра окружности годографа 3 и 4, рис.1, *а*) на поздних стадиях роста композиционного покрытия.

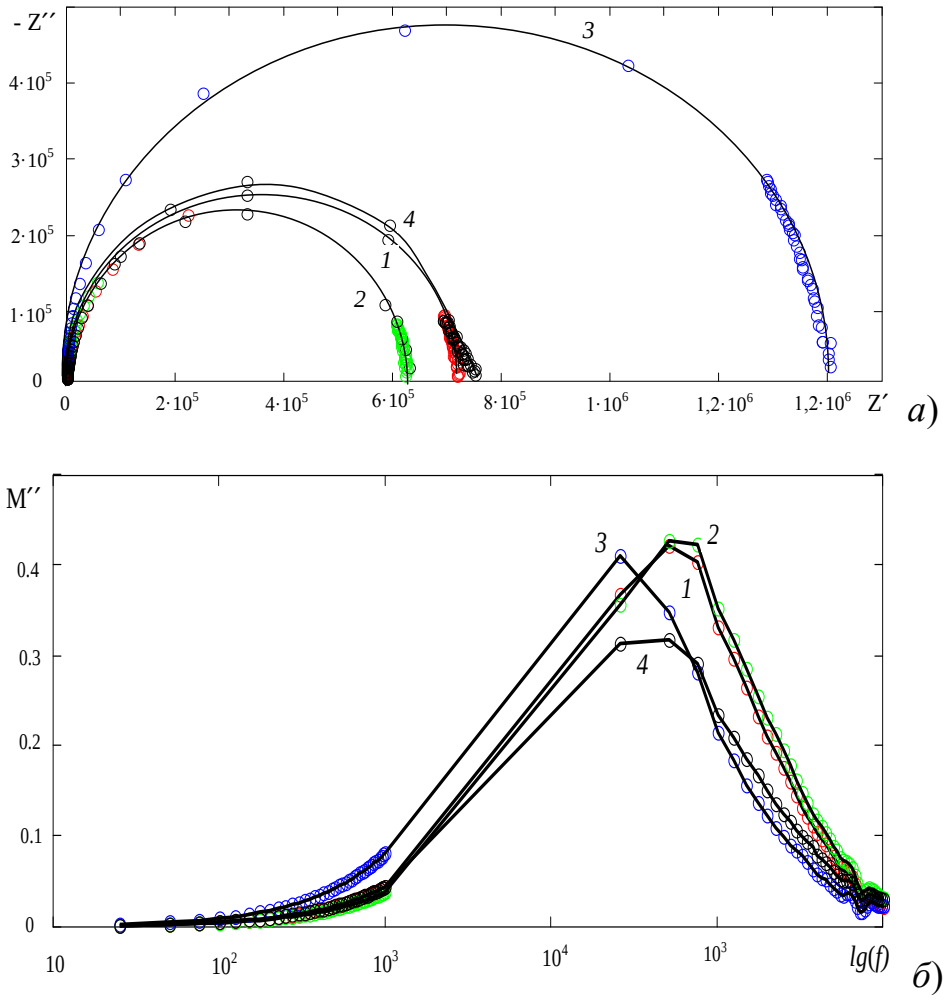


Рис.1

Минимальное сопротивление (кривая 2) композиционного покрытия толщиной порядка 90 нм соответствует, по-видимому, структуре в которой не только оптимальной количество проводящих нанокластеров серебра, но и наиболее электрически проводящая структура PANI. Такая структура PANI наименьший разброс по размерам электрически проводящих участков, о чем свидетельствует более узкий спектр M'' (кривая 1 и 2, рис.1, *б*) и более ориентированную структуру в результате действия поверхностных сил подложки и увеличению электрической проводимости покрытий за счет увеличения молекулярной ориентации формируемых слоев [8], что подтверждается более низким электрическим сопротивлении покрытия PANI+AgCl в низкочастотной левой части годографа (кривая 2, рис.1, *а*), ответственной за объемные свойства полимера.

Анализ данных просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ) образцов покрытий PANI+AgCl на начальных стадиях роста позволил установить наличие структурных нанокластеров металлического серебра. При этом полимерная матрица PANI формируется в виде нанолистов и граничных слоев, покрывающих нанокластеры серебра. Показано, что покрытия PANI+AgCl имеют сложную надмолекулярную структуру, сформированную в результате процессов самоорганизации гетероароматической олигомерных соединений, их возможного окисления и протонирования под действием выделившего активного хлора в присутствии наночастиц серебра. Наличие нанокластеров серебра способствует туннельному транспорту носителей заряда в слое покрытия.

Заключение

В процессе формирования полимерного композиционного покрытия, при электронно-лучевом диспергировании механической смеси компонентов PANI+AgCl, протекают процессы образования нанокластеров серебра, протонирования основания эмиральдина и образования электрически проводящих цепочек соли PANI.

Электрическая проводимость композиционных покрытий PANI+AgCl обусловлена наличием в структуре нанокластеров серебра, обеспечивающим туннельный транспорт носителей заряда в полимере, а ориентация проводящих областей полимерной матрицы PANI, в виде наноразмерных слоев-листов.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ (базовая часть, проект № 1079).

Библиографический список

1. Alan J. Heeger Semiconducting and Metallic Polymers: The Fourth Generation of Polymeric Materials // J. Phys. Chem. B. 2001. V. 105, N. 36, P. 8475–8491.

2. Skotheim T., Elsenbaumer R., Reynolds J., (eds.) Handbook of Conducting Polymers, Marcel Dekker, Inc., 1998. – 467 p.

3. Jing Xu, Jie Xiao, Zhiye Zhang, Xinlong Wang, Xiaodong Chen, Xiushan Yang, Wei Zhang and Lin Yang Modified polyaniline and its effects on the microstructure and antistatic properties of PP/PANI-APP/CPP composites // Journal of Applied Polymer Science. 2014. V. 131. Issue 17. P. 1456–1463.

4. Zhubo Liu, Rogachev A.V., Bing Zhou, Yarmolenko M.A., Rogachev A.A., Gorbachev D.L. Xiaohong Jiang. Effects of polyvinyl chloride and aluminum trichloride on structure and property of polyaniline composite films

by electron beam deposition // Polymer Engineering and Science. 2013. N. 53(3). P. 502–506.

5. Тарутина Л.И. Позднякова Ф.О. Спектральный анализ полимеров.– Л.: Химия, 1986. – 248 с.

6. Asturias G.E., MacDiarmid A.G., McCall R.P., Epstein A.J. The oxidation state of “emeraldine” base // Synthetic Metals, 1989. P. 157–162.

7. Banerjee S., Sarma S., Kumar A. Photoluminescence studies in HCl-doped polyaniline nanofibers // J. Opt. 2009. 38. P. 124–130.

8. Kahol P.K., Pinto N.J., Berndtsson E.J., McCormick B.J. Electron localization effects on the conducting state in polyaniline // J. Phys.: Condens. Matter. 1994. V. 6. N. 9 P. 5631–5645.

УДК 621.396

САМООРГАНИЗУЮЩИЕСЯ СИСТЕМЫ В ТЕХНИКЕ

Попо Р.А., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

В работе обсуждаются проблемы самоорганизации в природе и возможности использования созданных природой биологических систем в технических системах.

Введение

Природа создала множество уникальных материалов, суть которых пытается осознать человек и использовать в своей практической деятельности (например, явление электрической и магнитной намагниченности доменов различных материалов). Отработанная Природой нервная система давно изучается, но технически пока мало удалось скопировать у Природы. Идеи для разработки технических средств лучше находить в «природных библиотеках». Созданы нейронные сети, искусственный интеллект, самонастраивающиеся системы и др. Проникновение в тайны происхождения жизни связаны и с некоторыми проблемами повседневной жизни с медицинской точки зрения (трансплантация органов и др.), технической (нанотехнология требует новые подходы), биологической и других. В микроэлектронике «элементами-кирпичиками» электронной техники являются микросхемы, в наноэлектронике- молекулы и атомы. Переход к нанотехнологии заставляет осмыслить развитие жизни на Земле для более целенаправленного вкладывания усилий в изучение процессов, приводящих к содействию в улучшении материальных возможностей человека.

1. Самоорганизация - ключ к нанотехнологиям в электронике [1,6]

Основные изделия микроэлектроники стали основными элементами бытовой электроники, медицины, автомобилестроения, авиации и т. д. Логика развития любой отрасли техники в настоящее время немыслима без использования микрочипов. Следует отметить, что с возрастанием производительности микрочипов они становятся дешевле и потребляют меньше энергии по сравнению с чипами предшествующего поколения. Стремительное развитие микроэлектронных технологий позволило ворваться и область 100-нанометровых топологических размеров. Экспериментальные исследования последних десятилетий показали, что развитие нанотехнологии, нацеленной на производство и использование наноматериалов, тормозится недостатком информации о фундаментальных особенностях структуры и свойств наноматериалов и наносистем, а также закономерностях их поведения в техногенных и природных системах. Особой проблемой при этом является создание материалов с элементами наноструктурирования, в которых рекордные функциональные свойства или проявления полифункциональности возникают за счет вклада в формирование свойств различных уровней структуры – и не только на нано, но и на микроуровне. Свойства наноматериалов, как и любых других материалов, зависят от их химического состава, структуры, морфологической организации, размера, размерности и степени упорядочения составляющих их фрагментов, отвечающих нанодиапазону, в силу этого для формирования различных наноструктур с уникальными функциональными характеристиками наиболее эффективны процессы самосборки и самоорганизации. Если под нанотехнологиями понимать сумму технологий и методов обработки материалов, основанных на манипуляциях с отдельными атомами и молекулами, биологическими объектами с целью получения новых материалов, приборов и устройств, а также формирование приборных структур с характеристическими размерами порядка 10-100 нм. В атомной и квантовой физике единицей длины принято считать величину 1Å. Нанометр в десять раз больше. Ангстрем выбран масштабом потому, что он соответствует диаметру самого маленького из атомов — атому водорода. Диаметры других атомов достигают значений нескольких единиц ангстрем. В живой природе, состоящей, так же как и неживая материя, из атомов, молекулы протеина и липидов имеют размеры до 10 нм. Диаметр спиральной молекулы ДНК составляет примерно 20 нм, в то время как длина может достигать десяти микрометров. Масштаб рибосом и вирусов лежат в пределах 100 нм. Интересно отмстить, что один из продуктов нанотехнологий — нанотрубки, а также элементы сверхбольших интегрированных схем - имеют размеры тоже порядка 100 нм. Вполне логичным путем развития микроэлектроники является постоянное увеличение степени интеграции за счет уменьшения топологической нормы.

Это первая стратегия «сверху — вниз» и заключается она в уменьшении путем масштабирования элементов интегральных схем. При уменьшении топологических норм за счет совершенствования литографических и других технологических процессов можно уменьшать, например, длину канала МДП-транзистора. Это приведет к увеличению быстродействия транзистора, уменьшению величины управляющих напряжений, снижению потребляемой мощности. Так, фирма Intel с помощью УФ-литографии с длиной волны источника 193 нм, восьмислойной медной металлизации и встроенного напряженного канала по технологии Si_3N_4 создала ОЗУ статическою типа, ячейка которой состоит из шести транзисторных структур общей площадью 0,57 мкм. Длина канала транзистора составляла 35 нм, толщина подзатворного диэлектрика (SiON) всего 1,2 нм. Рабочее напряжение составляло 1,2 В при тактовой частоте 3 ГГц. Все это относится к массовому освоению технологии уровня 65 нм. Но на смену технологии 65 нм идет технология 45 нм и далее. Следует ожидать нового улучшения характеристик транзисторных структур.

Линии межсоединений выполняются по той же технологии и с теми же технологическими нормами. Оценки показывают, что значение сопротивления токоведущей дорожки резко возрастает с уменьшением ее сечения и есть вероятность, что сигнал может не пройти по линии межсоединения. При масштабировании межсоединений такие процессы как электромиграция, возрастание волнового сопротивления, краевые емкости межсоединений, «джоулев» разогрев резко ухудшают характеристики межсоединений. Уменьшение размеров в плоскости кристалла сопровождается уменьшением размеров по глубине. Речь идет о толщине подзатворного диэлектрика, глубине залегания р-п-переходов. Уже при топологической норме 65 нм толщина окисла должна быть порядка 1 нм. Это примерно несколько атомных слоев. Такая толщина окисла позволяет происходить процессам туннелирования через диэлектрик. С этой целью применяют диэлектрики с высоким значением диэлектрической постоянной, например, HfO(значение е =25). Но это уже другая технология!

Правила масштабирования предусматривают также увеличение степени легирования канала. Это позволяет не только увеличить число носителей в канале, но и снизить подвижность носителей в канале, избежать смыкания областей пространственного заряда истока и стока.

Другая стратегия «снизу — вверх» предполагает синтез структур из отдельных атомов. На начальной стадии развития туннельной микроскопии был продемонстрирован

массоперенос на уровне отдельных атомов и атомная сборка структур, состоящих из отдельных атомов.

В нанотехнологиях остро стоит вопрос о поиске в природных про-

цессах или разработке в лаборатории эффективного технологического процесса для создания заданных наноструктур. Таким процессом может быть самоорганизация структур. Процесс самоорганизации представляется как спонтанный переход от беспорядочного движения, хаотического состояния к новому порядку через нарастание флуктуации. Лауреат Нобелевской премии по химии Илья Романович Пригожин, анализируя открытые системы, выдвинул принцип, согласно которому неравновесность может служить источником упорядоченности. Для описания неравновесных систем Пригожин предложил ввести понятие локального термодинамического равновесия. Если процессы, возмущающие равновесие в малом объеме, менее интенсивны процессов, которые формируют равновесие, то говорят о локальном равновесии. Принцип локального равновесия является постулатом. Феноменологические уравнение описывают малые отклонения системы от термодинамического равновесия. Возникающие потоки линейно зависят от термодинамических сил..

В природе известно много самоорганизующихся систем. В животном мире в качестве примеров можно привести полосатую шкуру зебры, выверенное строительство шестиугольных сот у пчел, индивидуальный и неповторимый рисунок кожи на пальцах человека, типы снежинок и льдинок.

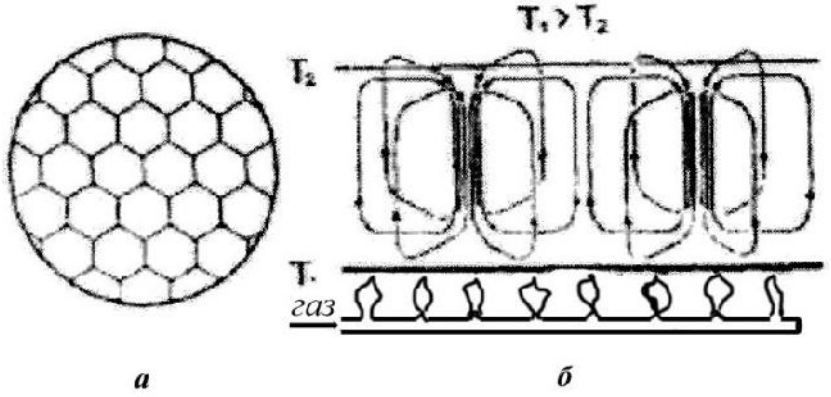


Рис.1. Ячейки Бенара: общий вид структуры (а); схема потоков в отдельных ячейках (б)

Классическим структурированием в условиях притока энергии может служить возникновение ячеек Бенара в жидкости, возникающих при определенном градиенте температуры. В этом случае появляются конвекционные потоки в жидкости, обладающие характерной структурой в виде шестиугольных ячеек призмы. В центральной области призмы жидкость поднимается вверх, вблизи вертикальных граней опускается вниз (рис. 1). В поверхностном слое жидкость растекается от центра к краям, а в придонном -от границ к центру. Конвективные ячейки являются самоорганизованной структурой, в которой происходит отдача энергии. Формирование структур Бенара объясняется тем, что при малых градиентах температуры появляется

конвективный поток. Увеличивается пропускная способность слоя жидкости передавать тепло, появляются флуктуации конвективного движения, которые усиливаются и достигают макроскопических масштабов. Возникает устойчивая структура Бенара, в которой обеспечивается максимальная скорость теплового потока. Следует отметить, что в открытой системе возникает новый молекулярный порядок, стабилизируемый за счет обмена энергией с внешней средой. Важно отметить, что при этом не нарушается второе начало термодинамики. Стационарная неравновесная система, имеющая диссипативную структуру, потребляет отрицательную энергию. Возникновение диссипативных структур носит пороговый характер. Самоорганизованная структура возникает из флуктуации, а пороговый характер самоорганизации связан с переходом одного устойчивого состояния в другое. В открытых системах образуются диссипативные структуры, для которых характерен обмен веществом и энергией с внешней средой. Стационарная равновесная система, имеющая диссипативную структуру, должна потреблять отрицательную энтропию. При этом, закон возрастания энтропии не нарушается. К тому же, потоки энергии и вещества создают флуктуационный и структурный порядок в открытых системах. Возникновение диссипативных структур носит пороговый характер. Новая структура является результатом неустойчивости и возникает из флуктуации. В докритическом режиме флуктуации обычно затухают. При преодолении порога и выхода на сверхкритический режим флуктуации усиливаются, достигают макроскопического уровня и формируют новый устойчивый режим. Так пороговый характер самоорганизации связан с переходом одного устойчивого стационарного состояния в другое. Самоорганизация в системе связана с формированием структуры более сложной, чем первоначальная.

К процессам самоорганизации в научно-технических приборах можно отнести формирование когерентного лазерного пучка. В процессе «накачки» активного рабочего вещества сначала происходит некоррелированное излучение возбужденными атомами квантов света. Когда амплитуда сигнала превышает определенный порог, атомы начинают осциллировать когерентно. Возникает когерентное электромагнитное поле, формирующее лазерный луч с определенной временной и пространственной когерентностью. И в этом случае на смену хаотическому спонтанному излучению приходит организованное индуцированное излучение.

В последние годы исследовательский бум вызвало открытие фуллеренов и нанотрубок, представляющих собой новые структуры углерода. Поверхность фуллеренов имеет замкнутую сферическую форму, структура которой состоит из правильных шестиугольников и двенадцати правильных пятиугольников. По своей структуре углеродные нанотрубки можно рассматривать как определенным образом свернутые в трубки графеновые

слои. Графен представляет собой атомарный слой графита- одну молекулу в виде пленки. Углеродные нанотрубки заканчиваются полусферической головкой, образованной как бы половинкой фуллерена с участием пятичленных углеродных циклов.. Трубки могут быть одностенными и многостенными, если они образованы несколькими графеновыми слоями (рис. 2*)*. Если фуллерены представляют собой молекулярную форму углерода, то углеродные нанотрубки сочетают в себе свойства нанокластеров и твердого тела. Углеродные нанотрубки образуются в результате физико-химических превращений углерода при высоких температурах. Известно несколько способов получения нанотрубок: электродуговое распыление графита, абляция графита с помощью лазерного или солнечного облучения и каталическое разложение углеводородов. Механизм образования фуллеренов и нанотрубок как был интригующей проблемой, так и по сей день остался дискуссионным. Не ясно, каким образом из хаотического состояния углерода образуется высокоупорядоченные углеродные наноструктуры. Видимо, в основе лежат процессы самоорганизации структур, однако, не ясна последовательность реакций. Вот и приходится оперировать понятиями типа «сворачивания» гофреновой пленки. С решением проблемы образования нанотрубок исследователи создадут технологический процесс самоорганизации структур. Заметим, что в минерале шунгит находят углеродные нанотрубки и фуллерены, сформированные естественным способом.

2. Нанотехнологии

2.1 .Цианобактерии производят нанотрубки[2]

Цианобактерии (их также называют синезелеными водорослями) обладают способностью минерализовать кремний — утверждают специалисты Лимнологического института СО РАН (г. Иркутск) и Объединенного института геологии, геофизики и минералогии им. А. А. Трофимука (г. Новосибирск). Благодаря этому свойству, цианобактерии несколько миллиардов лет назад создали более благоприятные условия для возникновения, существования и эволюции других организмов. Цианобактерии сыграли выдающуюся роль в ранней эволюции Земли. Именно эти крошечные существа еще в архее (около 3,5 млрд лет назад) начали синтезировать органику из воды и воздуха, выделяя в древнюю атмосферу кислород. К тому же времени относятся и первые найденные учеными окремненные ископаемые — остатки цианобактерий. Ученые обратили внимание на кремниевое покрытие ископаемых микроорганизмов и затеяли спор о его природе. Одни специалисты считают, что синезеленые водоросли окремнели от времени, другие полагают, что они активно минерализовали кремний, третьи — что окремняться могут только мертвые клетки. Результат этого

научного спора может иметь прикладное значение, поскольку активное развитие нанотехнологий вызывает большой интерес к организмам, формирующим кремнеземные структуры.

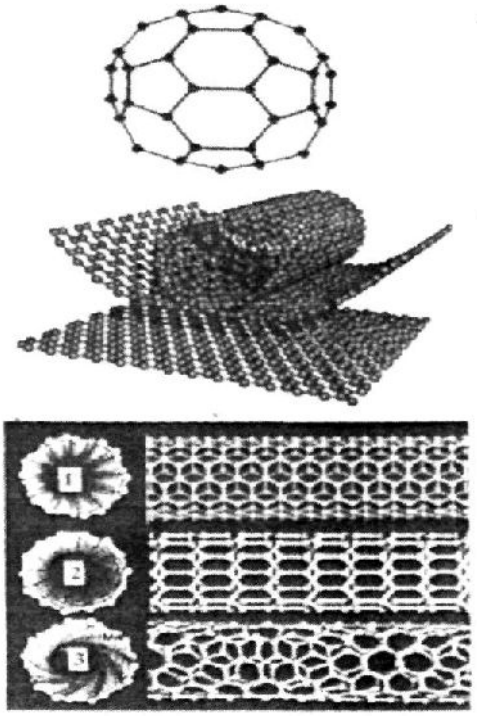


Рис.2. Структуры молекулы фуллерена С60 (а), графеновой сетки в процессе ее свертывания в нанотрубку (б), структуры углеродных нанотрубок (в).: 1-нехиральная структура нанотрубки типа «зигзаг» и типа «кресло»-2, 3-хиральная структура нанотрубки (под хиральностью понимается свойство объекта быть несовместимым со своим изображением в зеркале)

Современные цианобактерии гидротерм живут почти в тех же условиях, что 3,5 млрд лет назад. Сибирские ученые извлекли объект своих исследований из термальных источников Байкальской рифтовой зоны. Чтобы проверить, насколько микроорганизмам «по вкусу» кремний, разные штаммы бактерий выращивали на обычной питательной среде и на среде, обогащенной солями кремния. Цианобактерии жили и успешно размножались при такой концентрации кремния, которая для других мелких байкальских организмов — актиномицетов и зеленых водорослей — была губительной. Наблюдение с помощью сканирующей электронной микроскопии показало, что цианобактерии постепенно окремняются. На 26-й день эксперимента около 90% бактериальных «нитей» покрылись минеральными чехлами толщиной от 0,1 до 0,4 мкм. При этом диаметр очехленных нитей по сравнению с контролем вырос в полтора-два раза. На концах чехлов находятся отверстия, благодаря которым чехол не превращается в сарко-

фаг, а заключенная в нем цианобактерия не теряет связи с окружающей средой. Сканирование специальным зондом помогло установить, что чехлы цианобактерии, выращенных на

среде с добавлением кремния, состоят преимущественно из соединений кремния и кислорода. На поверхности цианобактериальных пленок можно наблюдать пузырьки газа, что свидетельствует о высокой интенсивности фотосинтеза. Цианобактерии выделяют так много кислорода, что он не успевает улетучиться в атмосферу и задерживается.

На снимках (рис.3), полученных с помощью сканирующей электронной микроскопии, видны плотные минерализованные трубки, сформировавшиеся вокруг цианобактерии в ходе эксперимента (А). Некоторые кремниевые трубки состоят из наносфер (Б). (масштаб — 5 мкм). Как показал эксперимент, цианобактерии осуществляют минерализацию кремния тремя способами: откладывают аморфный кремнезем вокруг своих нитей, уплотняют и утолщают чехлы или формируют их из сфер субмикронных размеров (наносфер). Формирование кремнеземных чехлов решало важнейшую проблему древности — удаление избытка кремниевой кислоты из среды обитания. Возможно, колыбелью жизни были океанические подводные термальные источники. Воды этих источников имели щелочную реакцию благодаря контактам с силикатами магния и двухвалентного железа. В реакциях с морской водой эти соли образовывали раствор кремниевой кислоты, губительный для большинства микроорганизмов. Очистке воды от кремниевой кислоты способствовали синезеленые водоросли. Во-первых, они потихоньку насыщали воду кислородом, в конечном итоге способствуя пассивному освобождению кремниевой кислоты-Во-вторых, как доказывают исследования сибирских ученых, они активно минерализовали кремний. Именно эта биологическая особенность цианобактерий помогла им выжить в экстремальных условиях, а так преобразовала среду обитания, сделав ее пригодной для существования других более прихотливых организмов.

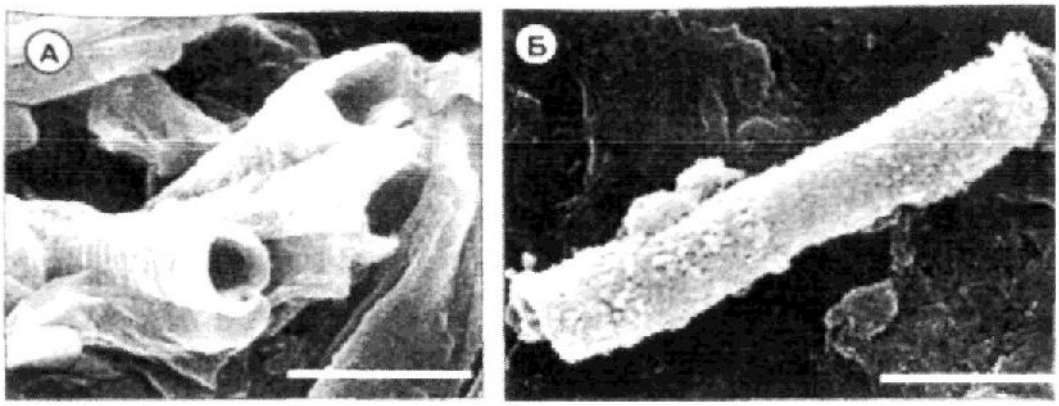


Рис.3. Отложение аморфного кремнезема на цианобактериальных нитях

2.2. Эффективное разделение металлических и полупроводниковых одностенных углеродных нанотрубок [7]

Одностенные углеродные нанотрубки служат привлекательным материалом благодаря своим превосходным механическим и электронным свойствам. Малая величина и большая подвижность позволяют ожидать появления нового типа электронных устройств помимо кремниевых систем. Однако для практического использования ещё остаются проблемы при изготовлении материалов. Самая трудная из них – смешанное производство трубок двух электронных типов, металлического и полупроводникового. В зависимости от своих покрывающих структур, нанотрубки могут быть металлическими или полупроводниковыми. Поскольку ни один метод синтеза не даёт отдельного электронного типа, для практического их применения необходимо разделить металл и полупроводник. Можно получать высокочистые (до 99%) металлические и полупроводниковые нанотрубки, используя ультрацентрифугирование в градиенте плотности.. Обнаружено, что для сепарации нанотрубок можно использовать агарозный гель, диспергированные в агарозном геле с додецилсульфатом натрия в качестве ПАВ, можно сепарировать на две отдельные порции, содержащие металл и полупроводник соответственно, методами электрофореза, пропускания, диффузии и центрифугирования . Выход разделения составляет почти 100%, что гораздо выше, чем в методе DGU. В данной презентации мы покажем наши последние достижения в методах сепарации; усовершенствования в устройствах, использующих SWCNT, обогащённые металлом и полупроводником.

2.3. Оптоэлектроника с нанотрубками и полимером на основе графена [8]

Углеродные нанотрубки (CNT) являются превосходными насыщаемыми поглотителями, т.е. при достаточно интенсивном свете они становятся прозрачными. Это даёт большие перспективы для применения их в фотонике. Изменяя диаметр нанотрубок, можно легко перекрывать широкий оптический диапазон, используемый в телекоммуникационных, медицинских и военных приложениях. Характеристики насыщаемых поглотителей на основе CNT зависят в большой степени от их концентрации, размера пучка и прозрачности полимерного матрикса. Насыщаемые поглотители с CNT можно изготовить недорогой жидкостной химической обработкой и с лёгкостью встроить в полимерные фотонные системы.

3. Примеры технической самоорганизации

3.1. Химическая самосборка [1]

Одним из примеров процессов самоорганизации можно рассматривать

метод химической самосборки поверхностных наноструктур. Разновидностью химической сборки является метод молекулярного наслаивания. Эти методы основаны на процессах образования поверхностных химических соединений при хемосорбции компонентов из газовой фазы. Идея метода молекулярного наслаивания состоит в последовательном наращивании монослоев структурных единиц заданного химического состава с одновременным построением на поверхности устойчивого соединения твердофазной матрицы. Этот процесс реализуется за счет химических реакций между функциональными группами твердого тела и подводимыми к ним реагентами в условиях максимального удаления от термодинамического равновесия.

Схема процесса химической сборки представлена на рис. 4. Процесс поатомной сборки поверхностных нано- и микроструктур путем многократного чередования химических реакций по заданной программе представлен на рис. 4 а, б.

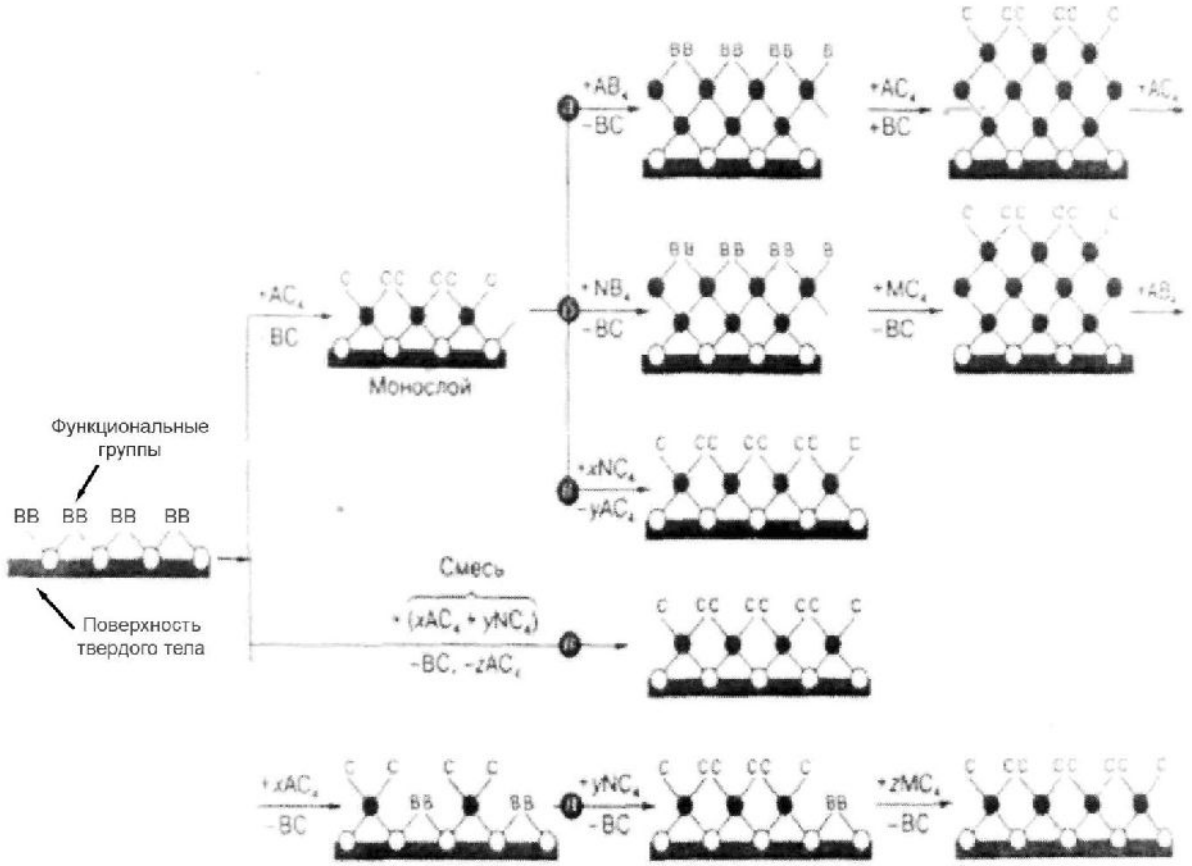


Рис. 4. Нанотехнологический процесс молекулярного наслаивания

Методом молекулярного наслаивания можно синтезировать на поверхности твердофазной матрицы наноструктуры различного химического состава в том числе многокомпонентные нанослои (рис. 4 в). Главным требованием при проведении воспроизводимого синтеза является обеспечение

различных стадий взаимодействия реагентов (AC_4, AB_4, NB_4,NC_4, MC_4) с функциональными группами. Толщина нанослоя определяется числом циклов молекулярного наслаивания и позволяет формировать нанослои на поверхности подложки с точностью до одного молекулярного слоя.

Например, при формировании монослоя злементоксохлоридных групп на поверхности диоксида кремния (кремнезема). Эти поверхностные химические реакции имеют вид, представленный ниже.

$$2(Si\ OH) + SiCl_4 \rightarrow (Si\ O)_2SiCl_2 + 2HCl$$

$$2(Si\ OH) + TiCl_4 \rightarrow (Si\ O)_2TiCl_2 + 2HCl$$

$$3(Si\ OH) + PCl_3 \rightarrow (Si\ O)_3P + 3HCl$$

$$2(Si\ OH) + CrO_2Cl_2 \rightarrow (Si\ O)_2CrO_2 + 2HCl$$

$$3(Si\ OH) + VOCl_3 \rightarrow (Si\ O)_3VO + 3HCl$$

Возможности химической сборки по методу молекулярного наслаивания за счет поверхностных реакций ограничены невысокой скоростью процесса, а также узким кругом веществ, пригодных для этого метода. Развитие метода молекулярного наслаивания трансформировалось в метод атомно-силовой эпитаксии.

Одновременно возможен процесс легирования. Для этого необходимо добавить соответствующие примеси в газовую фазу. Химическая сборка является низкотемпературным процессом. Именно этот факт позволяет реагировать на синтез наноструктур с резкими границами по составу и легированию. Эти процессы обеспечивают создание гетеро-лазеров, лазеров на сверхрешетках, инжекционных лазерах с квантовыми ямами, лавинных диодов на сверхрешетках и т. д.

Сочетание нанотехнологии молекулярного наслаивания с процессами получения твердофазных материалов позволит повысить эффективность процесса синтеза, а также расширить набор объектов.

3.2.Самоорганизация эпитаксиальных структур [1]

При создании упорядоченных наноструктур одним из методов является образование полупроводниковых островков, осуществляемое гетероэпитаксией. Метод заключается в осаждении материала, образующего островки на подложке, состоящей из другого материала с близкой структурой и значением параметра решётки. Гетероэпитаксия широко используется как при проведении исследований, так и при промышленном изготовлении многих полупроводниковых устройств, превратившись, по существу, в хорошо развитую технологию. Она включает в себя доставку атомов или молекул к поверхности подложки, где они могут принимать участие в одном из трёх процессов: а) адсорбции и диффузии по поверхности с образованием зародыша островка путём соединения с другими атомами, б) присоединении к

существующему островку, в) десорбции с испарением в окружающее пространство. Маленькие островки могут продолжать расти, мигрировать на другое место или испариться. Существует критический размер, при котором они становятся устойчивыми и больше не испытывают существенного испарения. Таким образом, есть начальная стадия формирования островков, когда их число с добавлением новых порций материала увеличивается. За ней следует вторая, в течение которой количество островков стабилизируется, а существующие островки растут в размере. Наконец, есть стадия, когда главными событиями являются объединения существующих островков друг с другом с образованием больших кластеров.

Например, массив наноточек на поверхности можно создать с помощью процесса самосборки. В результате островкового роста формируются атомные кластеры, каждый из которых содержит несколько атомов. Типичное значение поверхностной концентрации островков варьируется в диапазоне $10^{ю}$—$10^{п}$ $см^2$. Процессы зародышеобразования и роста островков имеют стохастическую природу и поэтому островки располагаются случайным образом. Свойства кластеров сильно зависят от размеров. Поэтому для практических применений важно создавать кластеры с идентичными размерами и структурой, с высокой пространственной однородностью.

3.3. Самоорганизация магнитных доменов в тонких пленках [3]

В журнале «Наука и жизнь»(№ 6, 2003 г) была опубликована статья доктора химических наук профессора Г. Браницкого из Минска «Неживая природа. Такая ли она неживая?». В статье рассказывалось о явлениях, протекающих при электролитических реакциях (например, восстановлении ионов серебра, контактирующих с активными металлами). Подчеркивалось, что, по крайней мере, внешне они похожи на явления и процессы, которые протекают в живых, биологических объектах.

Исследования, проведенные Г.С. Кандауровой с сотрудниками в Уральском государственном университете, показали, что в тонких магнитных пленках, помещенных в переменное магнитное поле низкой частоты, тоже происходит «конкурентная борьба» и самоорганизация доменов. Известно, что в магнитных кристаллах магнитные моменты атомов выстроены таким образом, что кристалл обладает спонтанной намагниченностью, ориентированной вдоль определенных кристаллографических осей — осей легкого намагничивания. Их может быть несколько или всего одна. В последнем случае кристалл называют магнитоодноосным. Если магнитные моменты атомов (как маленькие магнитные стрелочки) выстроены в одном направлении, образец, подобно постоянному магниту, обладает максимальной магнитной энергией. Такое положение неустойчиво — все природные процессы идут в сторону уменьшения энергии. Поэтому в образце возникает

доменная структура — макроскопическая система областей (доменов) с разной ориентацией векторов, так что весь образец в целом оказывается немагнитным. При воздействии магнитного поля разной частоты происходит перестроение доменов - происходит их самоорганизация в зависимости от воздействующей частоты.

3.4. Самоорганизация полупроводниковых нанопроводов [9]

Путём синтеза можно создать широкий выбор наноструктурированных материалов. Стабилизация нанопроводников, погружённых в раствор, имеет первостепенную важность для сборки или иной организации этих наноструктур в желаемые конфигурации. Эти наноструктуры могут легко агрегировать и быстро осаждаться из раствора. Второй шаг, использующий преимущества от свойств этих материалов – разработка методов для встраивания нанопроводников как ключевых компонентов в новейшие материалы и устройства.

Заключение

Переход к нанотехнологиям заставляет более внимательно изучать «труды Природы». Природа базируется на самоорганизации. Задача нанотехнологов – понять и использовать отбракованный многовековой практикой опыт. [4-9]

Библиографический список

1. Щука А.А.Самоорганизация-ключ к нанотехнологиям в электронике.-Вестник Международной Академии Наук, 2008, №1,с 52-58.

2. Резник Н. Цианобактерии производят нанотрубки.-Наука и жизнь, 2008.

3. Кандаурова Г.С. Хаос, порядок и красота в мире магнитных доменов. — Изд. Уральского госуниверситета, 1997, с. 31—52.

4. Попо Р.А. Память биологических и технических систем современной радиоэлектроники.-Успехи современной радиоэлектроники, 2002, №4, сс 54-56.

5. Попо Р.А. Эволюция земных самоорганизующихся систем - Успехи современной радиоэлектроники, 2008, №7, с 95-96.

6. Третьяков Ю.Д., Гудилин Е.А.Морфологическое многообразие наноматериалов, создаваемых методами консервативной и диссипативной самоорганизации.-Международный форум по нанотехнологиям 2009г(секционный доклад).

7. Хиромичи Катаура , Такеши Танака , Ясумицу Мията , Шунджиро Фуджии , Даисуке Нишиде , Казухиро Янаги , Ютака Манива. Эффектив-

ное разделение металлических и полупроводниковых одностенных углеродных нанотрубок.- Международный форум по нанотехнологиям 2009г(секционный доклад).

8. Феррари А.К. Оптоэлектроника с нанотрубками и полимером на основе графена.-

Международный форум по нанотехнологиям 2009г(секционный доклад).

9. Байрон Д. Гейтс.Самоорганизация полупроводниковых нанопроводов. - Международный форум по нанотехнологиям 2009г(секционный доклад).

УДК 336.717.061

РАЗВИТИЕ И СТРУКТУРА СЕТЕЙ АТМ-ИЗДЕЛИЙ
The development and structure of ATM networks-products

Попо Р.А., Филиппов А.А. МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Понимая текущую ситуацию стагнации на рынке потребления систем самообслуживания (АТМ-изделий) и снижение потребительского спроса, падение цены на нефть и сокращение кредитных организаций, по состоянию на 1 марта 2015 года 827 кредитных организаций. Рассмотрено и предложено, ориентирование коммерческих структур, тесно связанных с банками, на переформатирование.

Understanding the current situation of stagnation in the market , consumption self-service systems (ATM-products) and a decrease in consumer demand, falling oil prices and the reduction of credit institutions, on March 1, 2015 - 827 credit organizations. Discussed and proposed orientation of commercial structures that are closely related with the banks on reformatting.

Предыдущие годы были оптимистичными для российской банковской системы. Обновление потребительского аппетита в сфере заимствования помогли многим финансовым учреждениям найти новые возможности в розничном бизнесе. Коммерческий банковский сектор показал высокие темпы роста. Всего активы банковского сектора увеличились на 19% в 2012 до 49500000000000 (трлн 1.6) рублей, в результате увеличения в 2011 году на 23%. Соответственно темп роста на рынке Российских АТМ увеличивается, поскольку банки вложили средства в новые отрасли и инфраструктуры самообслуживания для поддержки их быстро растущего бизнеса. Рынок АТМ увидел рекордные 19 525 новых установок в 2012 году, количество которых увеличилось до 131 640 к концу года. Эти данные представляют собой рост

рынка на 17%, второе подряд увеличение темпов роста, с момента спада в 2009 и 2010 годах. В отличие от других рынков в Центральной и Восточной Европе, в годовом исчислении, количество банкоматов в России, за последние десять лет, быстро растет. До финансового кризиса, банки расставляли банкоматы в основном для поддержки быстро растущих портфелей «зарплатных проектов», являющихся одним из основных двигателей продукта. В таких схемах, банки выдают карточки сотрудникам крупных компаний и устанавливают банкоматы на их территории, позволяя сотрудникам получать зарплату и оплачивать счета на работе через устройства самообслуживания. В 2009 году, когда рост числа карт и потребительского кредитования замедлился, многие финансовые учреждения стали рационализировать свой бизнес, часто закрывая банковские отделения. Сосредоточили внимание на каналах самообслуживания, для снижения стоимости сделок. Растущая популярность автоматизации депозита позволила владельцам установить в банкоматах новые платежные услуги, что сделало их более дешевой альтернативой банковским отделениям. Некоторые владельцы даже установили четкие параметры для такого перехода - Сбербанк установил себе планку перевести 75% всех сделок своих розничных клиентов на каналы самообслуживания. В Москве самая высокая концентрация банков в России, и у большинства владельцев АТМ есть головные офисы, или филиалы, в Москве. Почти 24 900 (или 19%) из банкоматов страны установлены в столице и вокруг нее. Это соответствует плотности около 2500 банкоматов на миллион человек, что значительно выше, чем в других районах страны. В Москве и ее окрестностях количество денежных терминалов увеличилось на 19%, что быстрее, чем на остальном рынке. Еще 7700 банкоматов (или 6%) расположено в Санкт-Петербурге и его окрестностях. В то же время, есть еще значительное количество маленьких городов с небольшим количеством банкоматов, или вообще без них. Банкоматы в России могут устанавливать только лицензированные банки, около 600 из общего списка банков имели свои собственные банкоматы. В России существует около 150 обрабатывающих центров (процессингов). 130 принадлежат банкам производящим карты, у которых также есть собственные банкоматы и POS терминалы. Кроме того, существует около 20 независимых, "фирменных" обрабатывающих центров, которые предлагают банкам выпуск карт и сервис по обработке транзакций. Банки, использующие общий центр обработки, согласны на уменьшенную комиссию при внутренних транзакциях, чтобы держатели карт могли снимать деньги на тех же условиях, что и в банкоматах их собственного банка.

Для банков, сегодня, банкомат, как устройство, давно превратился из доходной, в затратную часть. Зарплатный проект всегда был и остается спецификой российского рынка. Начиная с 2000-х и по настоящее время, широ-

ко распространено мнение: «зарплатный проект без банкомата – это не зарплатный проект». В то же время, экономика «зарплатного проекта» в последние годы такова, что установка отдельного банкомата для небольших и средних организаций, как правило, невыгодна. К тому же, банкам невыгодно, когда клиент снимает «под ноль» все свои деньги в банкомате в день зарплаты. Прогнозируется, что в ближайшее время понятие «зарплатного банкомата» и вовсе исчезнет, превратив устройство в инструмент обслуживания максимального объема клиентской базы, а это значит «Зарплатные проекты» гораздо выгоднее запускать без банкомата. Банкам невыгодно, когда клиент снимает наличные со своего счета. Для дебетовых карт неснятые наличные – это дешевые депозитные средства. Для кредитных карт – это потенциал использования карт в торговых сетях с целью развития программ лояльности и поощрения. Остатки наличных в банкоматах могут составлять внушительную сумму. Эта сумма отвлекается банком из своего оборота и не приносит никакого дополнительного дохода. Однако, платежные системы всегда поддерживали банки, развивающие банкоматные сети, путем тарификации операций по «чужим» картам. Вплоть до 2008-2009 г, когда объем таких операций был существенен и мог достигать 3-4 тысяч транзакций на 1 банкомат, установка такого устройства была крайне выгодным мероприятием, ведь затраты на обслуживание банкомата колеблются в пределах 1-1,5 тысяч долларов США в месяц, а выручка могла достигать 5 тысяч долларов США в месяц. Начиная с 2010г, объем таких операций продолжает свое падение; к настоящему времени основная часть парка банкоматов в РФ не окупается за счет комиссий платежных систем.

Банкомат – как основной канал самообслуживания все равно будет существовать еще долгие годы. Так как клиенты любят банкоматы, клиенты привыкли к банкоматам и не боятся их, клиенты ходят к банкоматам регулярно и часто. Банкоматы стали умнее – они могут не только выдавать, но и принимать наличные, а также осуществлять платежи и оказывать различные сервисы. Банкоматы стали быстрее, графика – красивее, а отдельные устройства научились разговаривать и показывать видео-ролики. Многие банки выводят в банкоматы часто совершаемые в отделениях рутинные операции – такие, как прием наличных, платежи и информирование, разгружая нагрузку. Экономика показывает, что операции внесения наличных в банкомат обходится банку в среднем в 2 раза дешевле, чем прием наличных в кассе. Для клиента банкомат доступен 24 часа в сутки 7 дней в неделю. Касса же работает по расписанию. Операции информирования – запрос остатка, выписка по счету, расчетные листки, небольшие по объему уведомления (о просрочке кредита, об очередных платежах и т.п.) удобней получить через АТМ.

Индивидуальные предложения – банкомат как нельзя лучше подходит

для представления клиенту индивидуальных предложений банковских услуг. Идентифицируя клиента по карте и анализируя его активности, сегодня можно в режиме он-лайн сформировать для него индивидуальное предложение. Платежи и переводы – позволяют использовать банкомат, как инструмент безналичных расчетов. Демонстрация рекламных заставок и роликов – позволяют использовать банкомат, как рекламную точку (баннер) банка, без взимания дополнительной платы за размещение рекламы в торговых и бизнес центрах.

Для банков остро встает вопрос повышения эффективности сети, как основного канала самообслуживания. Для этого необходимо разделить сеть и внести критерии расчета. Основные - функционал, качество, себестоимостьи размещение. С точки зрения функционала – проанализировать все операции, выполняемые в других каналах, с точки зрения их объемов и себестоимости. Реализовать в банкоматной сети экономически наиболее выгодный функционал, который банк будет предоставлять клиенту. В банкомате существует ограничения количество функций на экране.

С точки зрения качества – начать измерение функциональной доступности устройства (отношение времени, в течение которого та или иная функция доступна для клиента, ко всему периоду времени), добиваясь повышения этого показателя.С точки зрения себестоимости – измерять стоимость владения устройством в разбивке по типу банкомата (однофункциональный (cash-out), многофункциональный (cash-in), recycling), а также месту его размещения (зарплатный, отделение, общий доступ). Добиваться снижения стоимости владения в разрезе основных статей затрат (к примеру, устройство recycling, цена которого на 15-20% выше по сравнению с cash-in, экономит на инкассации до 50% и, при нормальной нагрузке разница в цене окупается уже на второй год его работы). С точки зрения размещения – определить наиболее интересные места размещения банкоматов для Вашего бизнеса. Для этого провести клиентский опрос на экране банкомата, удобно ли расположен тот или иной банкомат или нет.

В соответствие с критериями, повышаются требования и к поставщикам оборудования. Банки начинают требовать от поставщиков относительно не дорогие модели, работающие круглые сутки 7*24. Модели способные самодиагностироваться и саморемонтироваться, или, в крайнем случае, легко чиниться. Притягивающие самиклиентов, не дающие пройти мимо или сам«бегающими» за банковскими клиентами. Модели, позволяющие производить мониторинг и удаленно обновляется. Обладатьантивандальностью и надежностью.

Поставщики, анализируя запросы заказчиков по всему миру, реагируют и предлагают российскому рынку подобные модели, что стимулирует к удовлетворению конечных заказчиков. Как следствие, развитие банкоматных сетей.

Вывод :

Как видно из прогнозов Таблица 1,в России будет наблюдаться максимальный рост в 4% по сравнению с другими странами, но тренд на снижение и сокращение рынка присутствует. В этой связи, поставщикам приходиться переориентироваться на другие рынки и предлагать не только банкоматы и сопутствующие услуги, но и программные решения позволяющие повысить эффективность для заказчиков.

Таблица 1

Год	Рост (%)	Рост (%)	Рост (%)	Рост (%)	Рост (%)	Рост (%)	Рост (%)
	Россия	Беларусь	Болгария	Хорватия	Чехия	Казахстан	Польша
2015	7%	7%	3%	3%	1%	6%	4%
2016	6%	5%	3%	2%	1%	5%	4%
2017	4%	4%	2%	2%	1%	4%	4%
2018	4%	3%	2%	1%	1%	4%	3%

УДК 621.396

ВОДА И КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ
WATER QUALITY AND ELECTRONIC ENGINEERING

Попо Р.А., Горушкина А.Р., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

В работе обсуждаются результаты по соответствию качества воды стандартам, методики повышения качества воды.

Ключевые слова: питьевая вода, очистка воды, физико-химический анализ воды.

The paper discusses the results of water quality compliance standards, methods to improve water quality.

Keywords: drinking water, water purification, physical and chemical analysis of water.

1. Проблема качества водопроводной воды больших городов (в частности, Москвы) состоит в наличии в воде органических веществ и биологических загрязнений, которые "проскакивают" через любые фильтры. Задержать их могут только мембраны. Для ряда производств, особенно в электронной промышленности, требуется более глубоко обессоленная, так

называемая, деионизованная вода. Получить деионизованную воду возможно на второй ступени обессоливания ионным обменом по схеме катионирование - анионирование на фильтрах Н2 - ОН2 – ФСД (фильтр смешанного действия). Для пищевой, фармацевтической, медицинской и других видов промышленности требуется глубоко обессоленная вода, соответствующая качеству дистиллированной воды с солесодержанием 0,5-2 мг/л. Обычно применяется двухступенчатая фильтрация. Современные обратноосмотические мембраны позволяют убрать из воды ионы жесткости на 99-99,2%, т.е. при обессоливании воды московского водопровода (с величиной жесткости на уровне 4-4,5 мг-экв/л и электропроводностью на уровне 300-400 микросименс) минимальное значение жесткости, которого можно достичь - 0,015-0,02 мг-экв/л, а электропроводности 5 микросименс. При этом следует иметь в виду, что в процессе работы мембранной установки величина солесодержания фильтрата) постоянно повышается (по мере загрязнения мембран различными осадками). При использовании обратноосмотических систем для производства дистиллированной воды фильтрат обратноосмотической установки должен быть дополнительно обработан для снижения общего солесодержания ниже 5 мг/л. Эксплуатация обратноосмотических установок заключается в регулярном проведении химических регенераций мембран (1 раз в 2-4 месяца). Для эксплуатации систем малой производительности (до 1000 л/ч) предлагается сервисное обслуживание, заключающееся в замене отработанных мембранных фильтров на новые ("отрегенерированные"). Замена катионита и анионита производится после получения 15 - 25 $м^3$ дистиллата. В табл.1 приведены экспериментальные результаты.

Таблица 1

Экспериментальные данные химического анализа выбранных проб воды до и после последовательной доочистки сначала фильтром «Барьер», а затем фильтром «Шунгит»

Компонент/проба	Вода из МИР-ЭА после доочистки фильтром «Барьер» и шунгитом	Вода из Подмосковья после доочистки фильтром «Барьер» и шунгитом	Бутилированная вода после доочистки фильтром «Барьер» и шунгитом
Общая жесткость	1870	1900	1700
Жесткость по Са	1590	1570	1540
Окисляемость, мкг/л	2000	2000	1000
Железо, мкг/л	<1	<1	<1
Сульфаты, мкг/л	30000	52000	41000

Свинец, мкг/л	<1	<1	<1
Хлориды, мкг/л	7500	6100	5400
Хлор, мкг/л	60	90	60
Алюминий, мкг/л	5	5	5
Магний, мкг/л	3100	3500	3200
Марганец, мкг/л	<1	2	<1
Запах, баллы	0	0	0
Вкус, баллы	0	0	0
Мутность, мг/л	0,7	0,6	0,5

На сегодняшний день фильтров существует очень много, они различаются по комплектации и методам использования. Поэтому, чтобы понять, какой конкретный фильтр нужен, необходимо сделать анализ воды. На данный момент, исходя из работы [15] лучшим считается фильтр работающий по методу обратного осмоса, но для выбранных нами проб воды он не подходит, т.к. очищает воду от всех элементов, а в нашем случае **пдк** не соответствуют только некоторые из них и переочистка воды не нужна. На основании опытов было доказано, что в нашем случае, можно считать практически приемлемым комбинированный метод доочистки питьевой воды фильтром «Барьер», а затем шунгитовым фильтром. Так же следует установить предфильтр (или магистральный фильтр) на входе воды в квартиру.

2. Значение воды для поддержания здоровья населения на высоком уровне обусловлено той ролью, которую она играет для удовлетворения физиологических и гигиенических потребностей. Водным путем передается большинство кишечных инфекций: брюшной тиф, дизентерия, паратифы, сальмонеллезы, холера и др. Доказана роль воды при распространении эпидемиологического гепатита А, (болезнь Боткина) и полиомиелита, являющихся вирусными заболеваниями, большой группы так называемых антропозоонозов, передающихся от больного животного человеку. Определенное значение имеет водный фактор и в передаче аденовирусных инфекций, амёбиаза, лямблиоза и большой группы гельминтозов. Такая гамма заболеваний, передаваемых водным путем, неудивительна, так как из 55 млрд. человек на планете Земля - 3,5 млрд. пьют загрязненную воду. Инфекционные и паразитарные заболевания возникают при различных видах водопользования: централизованном и децентрализованном хозяйственно-питьевом водоснабжении из загрязненных источников, купании в водоемах и бассейнах. Наиболее часто причинами эпидемиологических вспышек водного характера являются нарушения в целостности водопровода и канализации. Прорыв канализации приводит к подтоплению водопроводных колодцев сточными водами и массовому загрязнению питьевой воды патогенными и условно-патогенными микроорганизмами. В Англии, Австрии, Америке, Германии и многих других странах существуют целые институты и клиники, которые занимаются

не только научными исследованиями, но и лечением водой. Показатели предупреждения заболеваний и повышение иммунитета человека позволяют говорить об уникальных свойствах природной питьевой воды.

Исследования ученых, в частности М.Эмото, обнаружили много различий в природной структуре воды из разных источников и в разных условиях по всей планете, обусловленных информационными свойствами воды. Так, было обнаружено, что под воздействием не только различных условий окружающей среды и экологии, но также музыки и слов, несущих различную энергетику, вода приобретает уникальную структуру. Например, вода из Антарктики и горных потоков показывает красиво сформированные геометрические структуры. Вода в индустриальных и густо населенных районах и застаиваемая в водопроводных трубах, показывает искаженные и беспорядочно сформированные структуры.

Вода - очень покорное вещество. Ее физическая форма легко приспосабливается к любой окружающей среде. Энергия и колебания окружающей среды легко изменяют ее структуру. Исследования ученых, в частности М.Эмото, обнаружили много различий в природной структуре воды из разных источников и в разных условиях по всей планете, обусловленных информационными свойствами воды. Так, было обнаружено, что под воздействием не только различных условий окружающей среды и экологии, но также музыки и слов, несущих различную энергетику, вода приобретает уникальную структуру. Например, вода из Антарктики и горных потоков показывает красиво сформированные геометрические структуры. Вода в индустриальных и густо населенных районах и застаиваемая в водопроводных трубах, показывает искаженные и беспорядочно сформированные структуры.

а б в

Структура «волшебной» воды

Структура водопроводной воды

Структура дистиллированной воды

Рис.1. Структуры разных проб воды

На рис.1 представлена структура воды, взятой из разных источников –«волшебной» воды из подземного источника водоснабжения в экологически чистом заповеднике Барсуки на территории природного заказника, водопроводной воды из коллективного источника водоснабжения и необработанной дистиллированной воды

Ли Лоренцен, имеющий звание доктора биохимии питания, задался целью найти: *что же такое, в конце концов, есть в ключевой воде, что способно лечить людей, буквально поднимая их на ноги из мертвых*? Труды величайшего из исследователей воды, доктора Альберта Ван Сент-Дьюри, нобелевского лауреата от медицины 1937 года, вывели Ли Лоренцена и его коллег доктора Ишибаши и доктора Емото на горячий след. Дело в том, что Сент-Дьюри все свои усилия сосредоточил на разгадке **структуры воды**. Этот факт стал поворотным пунктом в их исследованиях. Из всего многообразия структур в природе базовой является всего одна – гексагональная (шестигранная), когда шесть молекул воды (тетраэдров) объединяются в кольцо.

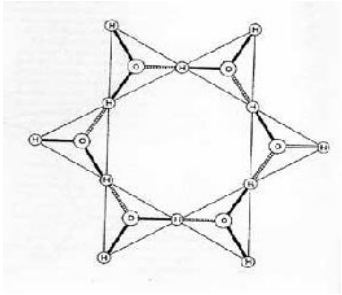


Рис.2. Структура талой воды и клеточной воды всех живых существ

Молекулы воды группируются именно в кольцевые шестиугольные структуры, имеющие форму снежинок (гексагональные формы). Ничего подобного в обычной воде из-под крана или из реки не наблюдалось.

Сравнивая структуру воды в клетках младенца и взрослого человека ("Aging Mechanism Associated with a Function of Biowater." Physiol Chem Phys & Med NMR 1992 24:43-50*.), доктор Катаяма обнаружил, что в организме младенца вся клеточная вода группируется исключительно в гексагональную структуру, в отличие от людей старшего возраста. Причем количество молекул воды, объединяющихся в гексагон, было минимальным из возможного – шесть.* Именно при такой структуре с шестью молекулами в одном кластере, вода является биоактивной, максимально эффективно выполняя свои функции в организме. Уже у 30-летнего человека доля микрокластерной воды в клетках падала до 60 процентов. Клеточная же вода в куске мертвой ткани животного, в испорченных овощах и фруктах становится идентичной воде из-под крана, теряя свою микрокластерную структуру.

Другими исследованиями (Dr. Mu Shick Jhon и др.) установлено, что в организме больных раком людей микрокластеры меняют свою форму с гексагональной (шестигранной) на пентагональную (пятигранную). Более того, согласно Aqua Technology, наиболее популярные в мире обратноосмотические системы очистки воды на выходе дают именно такие пентагонально структурированные микрокластеры воды. То есть, чистая вода мо-

жет быть больной?! В свете фактов такого рода, имеем ли мы право закрывать глаза на все, что не находится в прямой связи с процессом очистки воды от загрязнений?

Какая вода в природе имеет гексагональную микрокластерную структуру? Это, прежде всего, талая вода, оживляющая по весне животных и растения от зимней спячки и вода с ледников. Клеточная вода фруктов и овощей (сок), вода из очень немногих источников или скважин. Чем старше человек, тем более разупорядоченной становится структура воды в его клетках и тем больше он нуждается в микро - кластерной воде. Возможно, гексагональная сингония водяных кристаллов является необходимым строительным каркасом, обеспечивающим нормальное функционирование клетки. Так, доктор Джон Му Шик (Dr. Mu Shick Jhon) в своей книге «Вода долгой жизни» пишет, что мельчайшая водяная частица, на которой природа основала жизнь, это не единичная молекула воды, а водяное кольцо, состоящее из шести молекул H_2O. Так или иначе, у исследователей есть теперь **главный критерий, определяющий степень биоактивности воды. Это – наличие или отсутствие гексагональных микрокластеров в ее структуре.**

В девственной природе кристаллическая структура воды поддерживается посредством воздействия слабых магнитных полей, продуцируемых магнитным полем Земли. Такая вода является «живой». В современном мире вода в доступных источниках – реках, озерах, ручьях, сильно загрязнена в результате деятельности человека, к тому же она имеет нарушенную кристаллическую структуру. Наиболее сохранена кристаллическая решетка в Мировом океане, но она непригодна для употребления. Степень разрушения кристаллической структуры воды в различных источниках доходит до 95%. В водопроводе вода имеет остаточную структуру от 15 до 30% в разных городах. Чем мощнее водопроводная система, тем большим разрушениям подвергается кристаллическая решетка воды. В мегаполисах остаточная структура едва достигает 15%. Потребление такой воды требует больших энергетических затрат организма для восстановления ее структуры, что вызывает преждевременное старение, нарушение гомеостаза, многочисленные заболевания. Обычная водопроводная вода существенно отличается от структурированной воды, содержащейся в организмах живых существ, и плохо удерживается биомолекулами.

3. Для поддержания биохимических процессов человека требуется шестнадцать элементов, играющих структурные и функциональные роли в организме. Требования удовлетворяются просто обычным сбалансированным суточным рационом. Иногда рекомендуется потребление минеральных солей в составе определённых продуктов, богатых требуемыми элементами, в других случаях минеральные соли поступают в организм в виде

добавок к пище — наиболее часто это йод в йодированной соли. Среди получаемых с пищей **микроэлементов**, содержащихся и действующих в микроскопических количествах, измеряемых микрограммами, необходимыми считают 15 элементов. Из них абсолютно необходимых - 8: железо - Fe, кобальт - Co, марганец - Mn, медь - Cu, йод - I, селен - Se, фтор - F и цинк - Zn. Выделяют еще вероятно необходимые: алюминий - Al, бром - Br, ванадий - V, молибден - Mb, никель - Ni и серебро – Ag.

Суточная потребность взрослого человека в микроэлементах, мг Кальций - 1000. Железо - 11-18. Калий – 3000. Фосфор – 1200. Магний – 300-500. Йод - 0,1-0,2. Молибден – 150 мкг. Цинк – 10-15, для кормящих матерей – 25. Селен - 0,05-0,2. Кадмий - 0,02. Серебро - 0,02-0,08. Кобальт - 0,05-0,2. Стронций – 1. Кремний – 30. Сурьма - 0,02. Марганец - 5-7.Теллур - 0,5-1.Медь - 2-3.Титан - 0,5.Фтор - 2-3. Хром - 0,05-0,15. Мышьяк - 0,01-0,03. Никель - 0,1-0,6. Алюминий - 9,1. Олово - 2.Бром - 0,8. Ртуть - 0,02. Ванадий - 0,01-0,08. Рубидий - 0,35-0,5. Свинец - 0,35-0,5.

Выводы

1. Анализ полученных данных показал, что выбранные пробы воды не удовлетворяют нормативным требованиям ГОСТ по некоторым параметрам и, следовательно, меры по очистке питьевой воды недостаточно эффективны (измерены химические показатели воды: pH, окисляемость, концентрация катионов железа, ионов свинца, ионов меди, концентрация нитрат-аниона, количество сульфатов, алюминия, кадмия, магния, марганца и фтора).

2. Сравнение проб воды до и после доочистки показал, что фильтр «Барьер» и минерал шунгит значительно очищают питьевую воду от нежелательных примесей. Дополнительная доочистка воды шунгитом резко сокращает содержание свободного хлора, создаёт кислотность и жёсткость воды наиболее оптимальной для организма.

Библиографический список

1. СанПиН 2.1.4.1074-01 «Вода питьевая». - 67 с.

2. Карюхина Т.А., Чуранова И.Н. Контроль качества воды. Учебник. - М.; Стройиздат, 1986. - 315с..

3. Серебряков Н.Б. Проектирование водопроводных сооружений. - М.; Стройиздат, 1984. - 132с.

4. Фримантл М.. Химия в действии.- М.: Мир, 1991.- 528с.

5. Стрикаленко Т.В, Бадюк Н.С. Питьевая вода и здоровье: новый

аспект проблемы // Вода и здоровье- 2002: Сб.науч.ст. - Одесса: ОЦНТЭИ, 2002, с165-170.

6. Фомин Г.С.Вода. Контроль химической, бактериальной и радиационной безопасности по междунар. стандартам // Энцикл. Справочник. Госстандарт России. М.: ЗАО ОСТ АКВА, 2000. – 528с.

7.Кожинов В.Ф. Очистка питьевой и технической воды. – М.: Стройиздат, 1981. - 312с.

8. Бадюк Н.С., Стрикаленко Т.В. Вода и здоровье: к анализу материалов социологического опроса. ЭКВАТЭК-2000: Тез. IV междун. конгресса «Вода: экология и технология».- М.:Сибико., 2000 – 742с.

9. Ахматов М. Вода, которую мы пьём.- М.: 2006. -380с.

10. ГОСТ Р 51871-2002. Устр-ва водоочистные. Общие требования к эффектив. и методы ее определен.

11. Николадзе Г.И. Технология очистки природных вод. – М.: Высшая школа, 1987. - 161с.

12. Беспамятнов Г.П.,Кротов Ю.А. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде.- Л.: Химия, 1996. – 237с.

13. Расчеты и задачи по коллоидной химии /Под ред. В.И. Барановой– М.: Высшая школа, 1989. – 315с.

14. Наймаков А.Я., Омельченко Н.П. Методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу "Теоретические основы очистки воды". - Макеевск.инж.-строит. ин-т, 1991. – 97с.

15. Миклашевский Н.В. Чистая вода. Системы очистки и бытовые фильтры- СПб.: Арлит, 2000– 240с.

16. ГОСТ 2874-82 «ВОДА ПИТЬЕВАЯ. Гигиенические требования и контроль за качеством». – 1982.

17. Хотунцев Ю.Л. Человек, технологии, окружающая среда. – М.: Устойчивый мир, 2001 – 213с.

18. Петров К.М. Общая экология: Взаимодействие общества и природы: Учебное пособие для вузов. – СПб: Химия, 1998. – 352 с.

19. Дроздова Н.М., Евдокимов А.А., Попо Р.А. Лабораторные работы по сертификации воды.-М.: МИРЭА, 2012.-32с.

20. Дроздова Н.М., Попо Р.А.,Слепченко Д.А. Методика повышения качества воды.- М.: Наукоемкие технологии, 2013, №1. с 73-82.

21. Определение качества питьевой воды по химическим показателям.- Труды Международной НТК «Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения» «Intermatic» 2012 , ч.7, с 124 - 128.

22. Дроздова Н.М., Попо Р.А.,Слепченко Д.А. Методика повышения качества воды.- Труды Международной НТК «Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения» «Intermatic» 2012 , ч.7, с 118 – 123.

УДК 621.396

НЕРАЗРУШАЮЩИЙ РАДИОВОЛНОВЫЙ МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ПОДВИЖНОСТИ И КОНЦЕНТРАЦИИ СВОБОДНЫХ НОСИТЕЛЕЙ ЗАРЯДА В ПОЛУПРОВОДНИКАХ

Сидорин А.В., Сидорин В.В., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Введение

Подвижность и концентрация свободных носителей заряда – основные электрофизические параметры полупроводниковых материалов, значения которых определяют возможность и область их применения, а также параметры приборов и устройств на их основе. В настоящее время подвижность и концентрацию носителей заряда измеряют методами, основанными на эффекте Холла. Недостаток контактных методов заключаются в необходимости формирования токовых и потенциальных контактов к контролируемому материалу [1-3]. В настоящей работе представлен бесконтактный холловский метод, разработанный в развитие неразрушающих радиоволновых методов с целью улучшения метрологических характеристик [4-10].

Предложенный метод – бесконтактный. Он так же, как и известные методы, основан на эффекте Холла. Отличие, однако, заключается в том, что ток носителей заряда в полупроводнике возбуждается электрической компонентой электромагнитного поля СВЧ диапазона при его взаимодействии с контролируемым материалом. Взаимодействие осуществляется с помощью первичного измерительного преобразователя – измерительного датчика (рис.1).

1. Первичный измерительный преобразователь

Датчик представляет собой резонатор на основе несимметричной полосковой линии передачи. Форма электрода полоскового резонатора – произвольная и может быть прямоугольной, круглой, эллиптической. Взаимодействие электромагнитных колебаний в полосковом резонаторе с исследуемым материалом осуществляется через отверстие связи 3, на которое он при измерении помещается. Электрическая компонента E_x колебаний типа E_{100} в резонаторе прямоугольной формы (рис.1) возбуждает в полупроводнике высокочастотный ток проводимости той же частоты ω_1 с плотностью равной:

$$j_x \quad _1 \quad = E_{mx} \cos \quad _1 t \quad , \qquad (1)$$

где $j_x\ (\omega_1)$ - плотность тока, E_{mx} – амплитуда электрической компоненты электромагнитных колебаний в резонаторе, ρ – удельное сопротивление полупроводника, - фаза электромагнитных колебаний.

2. Принцип измерения

При воздействии на полупроводник внешним постоянным магнитным полем с индукцией B_y в нем возбуждается высокочастотная э.д.с. Холла, пропорциональная холловской подвижности носителей заряда в полупроводнике μ_H, индукции B_y и напряженности электрической компоненты поля в резонаторе E_{mx} :

$$E^{H}_{my} \quad {}_{H} B_y E_{mx} \cos {}_{1} t \qquad (2)$$

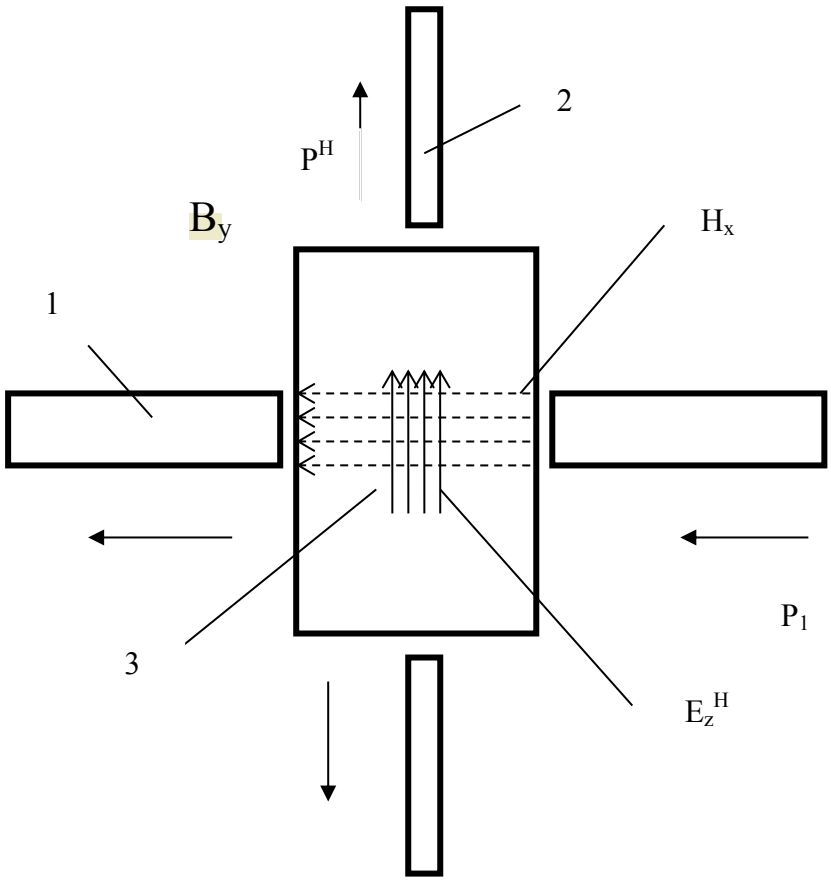


Рис.1. Резонаторный измерительный преобразователь на основе несимметричной полосковой линии (1- возбуждающая линия, 2 – измерительная линия, 3 – отверстие связи резонатора с измеряемым материалом)

Это индуцированное в материале поле перпендикулярно плотности тока j_x и возбуждает в резонаторе колебания типа E_{001}, компоненты которо-

го перпендикулярны соответствующим компонентам первичного поля E_{100}. Мощность возбужденных колебаний P^H при резонансе зависит от напряженности возбуждающего первичного поля E_x, подвижности носителей заряда в полупроводнике μ_H, индукции магнитного поля $B_{y,}$ а также параметров измерительного преобразователя – добротности Q, длины отверстия связи l коэффициента стоячей волны второго, измерительного плеча линии $k_c^{(2)}$, ее волнового сопротивления Z_2:

$$P^H \quad \frac{1}{4} E_{mx}^2 Q^2 \quad \frac{2}{h} \frac{B_y^2 l^2}{Z_2 k_c^2} \tag{3}$$

В результате преобразование выражений (1) – (3) соотношение для определения холловской подвижности носителей заряда получается в следующем виде:

$$H \quad \frac{Q_1 w}{Q_2 l B_y} \sqrt{\frac{P^H Z_2 k_c^{(2)}}{P_1 Z_1 k_c^{(1)}}}, \tag{4}$$

где P_1 , Z_1 *и* $k_c^{(1)}$ – мощность возбуждающих колебаний в резонаторе, волновое сопротивление и коэффициент стоячей волны возбуждающей линии.

Удельное сопротивление материала измеряется тем же резонаторным измерительным преобразователем по параметрам резонанса в отсутствие внешнего магнитного поля.

По измеренным величинам подвижности и удельного сопротивления материала концентрация носителей заряда вычисляется с помощью известного соотношения.

3. Метрологические характеристики метода

Как следует из выражения (4), разрешающая способность измерительного преобразователя по измеряемой подвижности носителей заряда, определяемая как:

$$S \quad \frac{dP}{d} \quad 2B_y^2 \quad \frac{1}{w} \frac{Q_2}{Q_1} \quad \frac{2}{Z_1} \frac{k_c^{(1)}}{Z_2} \frac{k_c^{(2)}}{} \quad H \qquad , \tag{5}$$

линейно возрастает с увеличением значения величины измеряемой холловской подвижности.

Разрешающая способность измерений по площади S_l (т.н. локальность измерений) зависит от размеров отверстия связи резонатора и составляет величину $S_l = w \quad l$. Суммарная методическая погрешность измерений, включающая систематическую и случайную составляющие определяется погрешностью измерения мощности сигнала в резонаторе:

$$\text{—} \quad \text{—} \quad \text{—} \quad 2 \frac{\overline{P}}{P} \qquad , \tag{6}$$

сл. *сист.*

где P - относительная погрешность измерения отношения мощностей в возбуждающем и измерительном каналах датчика. При использовании современных средств измерения погрешность измерения подвижности носителей заряда может быть реализована на уровне, не превышающим 1-2 %.

Заключение

Высокая точность, чувствительность и разрешающая способность вместе с бесконтактным характером измерений открывают возможности применения метода для исследования свойств материалов в условиях воздействия различных внешних факторов – температуры, ионизирующих излучений, в частности. Миниатюрный резонаторный датчик может быть использован в качестве средства измерения в системах мониторинга различных технологических процессов получения и обработки материалов, а также в процессах формировании приборных структур, сложных функциональных модулей.

Библиографический список

1. Павлов Л.П. Методы измерения параметров полупроводниковых материалов. Москва: - Высшая школа, 1987. - 239 с.

2. Кучис Е.В. Гальваномагнитные эффекты и методы их исследования. Радио и связь, 1990.– 220 с.

3. Батавин В.В., Концевой Ю.А., Федорович Ю.В. Измерение параметров полупроводниковых материалов и структур. Радио и связь, 1985. – 264 с.

4. Сидорин В.В. Метод неразрушающего контроля удельного сопротивления полупроводниковых материалов. Заводская лаборатория, М.:Металлургия, №9, 1988, С.64-67.

5. Сидорин В.В. Бесконтактное измерение концентрации и подвижности свободных носителей заряда в полупроводниках. Физика и техника полупроводников. 1988, том 22, вып.9, С. 1680-1683.

6. Сидорин В.В. Сидорин Ю.В. Неразрушающий радиоволновый метод измерения параметров слоистонеоднородных полупроводниковых материалов. Заводская лаборатория, М.: Металлургия, №10, 1989, С.26-29.

7. Сидорин В.В. Сидорин Ю.В. Радиоволновый метод измерения параметров полупроводниковых эпитаксиальных структур полупроводниках. Аналитические методы исследования материалов и изделий микроэлектроники. Материалы V-й Отраслевой научно-технической конференции. Электронная техника, серия 3 «Микроэлектроника», 1989, вып.1(297), С.130-131.

8. Сидорин В.В. Сидорин Ю.В. Бесконтактный метод измерения холловской подвижности носителей заряда в полупроводниках. Методы и средства неразрушающего контроля изделий из неметаллов и их применение в промышленности. Материалы краткосрочного семинара. Ленинградский Дом научно-технической пропаганды, 1989, С.74-80.

9. Сидорин В.В. Измерение холловской подвижности свободных носителей заряда в полупроводниках радиоволновым методом свободного пространства. Электронная техника, серия 6, «Материалы»,1990, вып.2(247), С. 50-56.

10. Сидорин В.В. Сидорин Ю.В. Бесконтактный метод измерения холловской подвижности носителей заряда в полупроводниках. Заводская лаборатория, М.: Металлургия, №10, 1990, С.37-41.

УДК 321.396

НЕРАЗРУШАЮЩИЙ РАДИОВОЛНОВЫЙ МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПЛАСТИН ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Сидорин А.В., Сидорин В.В. МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Введение

Основные параметры-показатели качества пластин полупроводниковых материалов - удельное сопротивление и толщина, а также однородность их распределения по площади. В настоящее время в условиях производства удельное сопротивление измеряется преимущественно зондовыми методами, а толщина – мерительными инструментами с использованием концевых мер и микрометров [1-3]. Контактные зондовые методы разрушают поверхность материала, в известные радиоволновые и оптические методы не позволяют измерить на одной установке два параметра пластин - толщину и удельное сопротивление [4-6]. Представленный метод позволяет преодолеть этот недостаток и выполнять измерения удельного сопротивления и толщины пластин с помощью одного средства измерения, на одной установке.

1. Принцип измерения

В предложенном радиоволновом методе «свободного пространства» измерение удельного сопротивления и толщины пластины выполняется с помощью щелевого преобразователя на основе волноводной или полосковой линии (рис.1) и заключается в следующем.

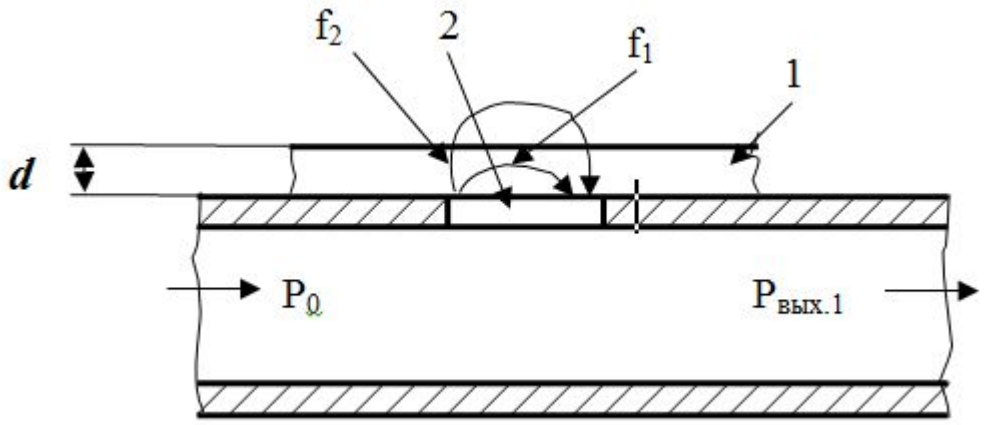


Рис.1. Принцип измерения удельного сопротивления и толщины пластин полупроводниковых материалов

Исследуемую пластину 1 помещают на полуволновую излучающую щель 2 в волноводной или полосковой линии и измеряют изменение коэффициента отражения или (и) прохождения электромагнитных колебаний в тракте на дух частотах – $\mathbf{f_1}$ и $\mathbf{f_2}$. . Частота электромагнитных колебаний $\mathbf{f_1}$ устанавливается так, чтобы глубина проникновения электромагнитных колебаний в пластину, оцениваемая размером скин-слоя $\boldsymbol{\delta}$, не превышала толщину пластины $\boldsymbol{d}$:

$$f_1 \quad \frac{0}{a(d_0 \quad d)^2}, \qquad (1)$$

где ρ_0 и d_0 – номинальные значения удельного сопротивления и толщины пластины, $\Delta\rho$ и Δd – допустимые отклонения от номинальных значений удельного сопротивления и толщины пластины, μ_a – магнитная проницаемость материала пластины.

Выполнение этого условия позволяет рассматривать пластину при взаимодействии с электромагнитным полем как полубесконечную среду. Мощность сигнала, поглощенного пластиной, в таком случае зависит только от диссипативных параметров пластины, в частности, от удельного сопротивления ρ, и не зависит от толщины пластины d. В результате анализа эквивалентной схемы, моделирующей взаимодействие электромагнитного излучения щелевого измерительного преобразователя с полубесконечной полупроводниковой средой (рис.2), выражение для расчета величины удельного сопротивления получено в следующем виде:

$$\frac{1}{\pi f_1 \mu_a}\left(\frac{w}{l} R_{щ1} \frac{1 \quad T_1^{1/2}}{T_1^{1/2} \quad R_{щ1}/Z_{в1} \quad 1 \quad 1}\right)^2, \qquad (2)$$

где w и l - длина и ширина щели, $R_{щ1}$ - волновое сопротивление щели на частоте f_1, $Z_{в1}$ - волновое сопротивление волновода на частоте f_1, T_1 - ко-

эффициент передачи линии на частоте f_1, определяемый как: $T_1 = P_{вых1} / P_0$, $R_s = (l / w)(\pi f_1 \mu_a \rho)^{1/2}$ – электрическое сопротивление исследуемого материала.

Толщина пластины измеряется по коэффициенту передачи *T (f)* при уменьшении частоты электромагнитных колебаний в линии. Глубина скин-слоя *δ(f)* с уменьшением частоты увеличивается, электромагнитное излучение проникает в пластину на все большую глубину, испытывая увеличивающееся поглощение, что проявляется в уменьшении коэффициента передачи *T(f):*

$$T\ f \quad \frac{R_{щ}\ f \quad \frac{l}{w}\ f}{R_{щ}\ f \quad 1 \quad \frac{R_{щ}\ f}{Z_{в}\ f} \quad \frac{l}{w}\ f}, \tag{3}$$

где $R_{щ}\ f$, $Z_{в}\ f$ и f - частотнозависимые значения сопротивления излучения щели, волнового сопротивления линии передачи и глубины проникновения излучения в материал.

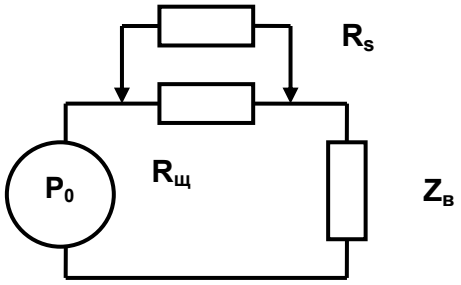


Рис.2. Эквивалентная схема для расчета удельного сопротивления материала пластины

При некотором значении частоты f_0 глубина проникновения излучения в материал оказывается равной толщине пластины: $f = d$. Дальнейшее уменьшение частоты приводит к выходу электромагнитного излучения за пределы пластины (как показано на рис.1 при частоте f_2) и уже не вызывает изменения значения коэффициента передачи. Его величина остается постоянной и зависит как от величины удельного сопротивления, так и от толщины пластины. По измеренному коэффициенту передачи $T_2(f_2)$ при частоте электромагнитного излучения $f_2 \le f_0$ значение толщины пластины определяется из следующего соотношения, полученного в результате анализа эквивалентной схемы при измеренном ранее значении удельного сопротивления ρ:

$$d \quad \frac{l}{w} \frac{T_2^{1/2} \quad 1 \quad R_{щ2} / Z_{в2} \quad 1}{R_{щ2} \quad 1 \quad T_2^{2}}, \tag{4}$$

где $R_{щ2}$ и $Z_{в2}$ – сопротивление излучения щели и волновое сопротивление линии передачи на частоте f_2.

2. Установка для измерения толщины и удельного сопротивления

Структурная схема установки для измерения удельного сопротивления и толщины пластин рассмотренным методом, представленная на рис.3, позволяет измерять спектральный коэффициент передачи щелевого излучателя – первичного измерительного параметра.

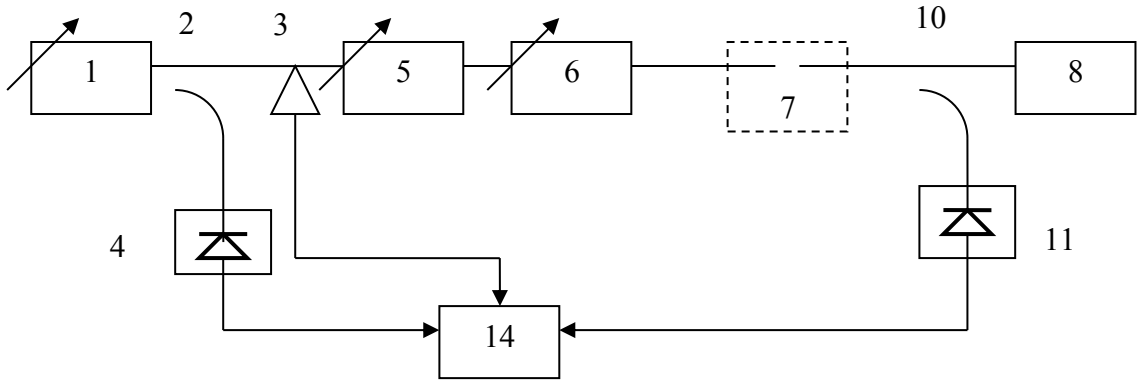


Рис.3 Структурная схема установки для измерения толщины и удельного сопротивления пластин полупроводниковых материалов

В ее составе: опорный и измерительный каналы, подключенные к перестраиваемому по частоте СВЧ генератору 1. Опорный канал образован направленным ответвителем 2 и содержит детектор 11, сигнала с которого, пропорциональный значению мощности сигнала P_0 поступает на вход устройства обработки измерительной информации 14. Измерительный канал содержит частотомер 3, регулируемые аттенюатор 5 и фазовращатель 6, щелевой измерительный преобразователь 7, подключенный к согласованной нагрузке 8. Сигнал, пропорциональный мощности прошедшего сигнала $P_{вых1,2}$ через направленный ответвитель 10 и детектор 11 поступает на второй вход устройства обработки измерительной информации 14. Особенность измерительного щелевого датчика – измерительного преобразователя в его конструкции, обеспечивающей резонансный характер излучения щели при изменении частоты излучения генератора.

3. Выполнение измерений

Измерения удельного сопротивления и толщины пластин на показанной на рис.3 установке включают:

регистрацию амплитудно-частотных характеристик (АЧХ) щелевого измерительного преобразователя (АЧХ опорной и АЧХ измерительной) - коэффициента передачи $T(f)$ в двух его состояниях: $T(f)_1$ - при помещенном на щель исследуемой пластины материала с известным значением удельного сопротивления и при закрытой щели исследуемой пластиной;

- нормирование измерительной АЧХ к АЧХ опорной;
- определение на нормированной АЧХ точки перелома f_x – границы между двумя участками АЧХ с различной крутизной;
- измерении коэффициентов передачи $T_1(f_1)$ на частоте $f_1 > f_x$ и $T_2(f_2)$ на частоте $f_2 < f_x$;
- вычисление значений удельного сопротивления и толщины пластины по формулам (2) и (4).

Заключение

Бесконтактный неразрушающий характер измерений и возможность измерения двух основных параметров пластин открывает возможность применения метода в условиях производства. Для этого потребуется проведение работ по установлению соответствия результатов измерения с данными измерений полученными «прямыми» методами – зондовыми для измерения удельного сопротивления и мерительными инструментами – толщины пластин. Это позволит исключить систематическую погрешность измерения толщины пластины, обусловленную принципом измерения рассмотренным выше методом, где за реальную толщину пластины принимается размер скин-слоя, а не ее реальный геометрический размер.

Библиографический список

1. Павлов Л.П. Методы измерения параметров полупроводниковых материалов. Москва: - Высшая школа, 1987. - 239 с.

2. В.В. Батавин, Ю.А. Концевой, Ю.В. Федорович. Измерение параметров полупроводниковых материалов и структур. Радио и связь, 1985. – 264 с.

3. Сидорин В.В. Метод неразрушающего контроля удельного сопротивления полупроводниковых материалов. Заводская лаборатория, М.:Металлургия, №9, 1988, С.64-67.

4. Сидорин В.В. Метод неразрушающего контроля электрофизических параметров полупроводниковых материалов. Электронная техника, серия 8 «Управление качеством, стандартизация, метрология, испытания», 1992, вып.2(149)-3(150), С.13-16.

5. Сидорин В.В. Сидорин Ю.В. Неразрушающий радиоволновый метод измерения параметров слоистонеоднородных полупроводниковых материалов. Заводская лаборатория, М.: Металлургия, №10, 1989, С.26-29.

6. Сидорин В.В. Сидорин Ю.В. Радиоволновый метод измерения параметров полупроводниковых эпитаксиальных структур полупроводников. Аналитические методы исследования материалов и изделий микроэлектроники. Материалы V Отраслевой научно-технической конференции. Электронная техника, серия 3 «Микроэлектроника», 1989, вып.1(297), С.130-131.

УДК 621.396

ПРОЕКТИРОВАНИЕ АНТЕННЫХ СИСТЕМ С УПРАВЛЯЕМЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

Щучкин Г.Г., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Введение

Следует выделить два типа способов управления характеристиками антенных систем, которые можно охарактеризовать как статические, когда требуемые свойства излучателей достигаются за счет определенных конструктивных решений, и динамические, где изменение характеристик излучателей осуществляется путем подключения дополнительных элементов, обеспечивающих электронное управление электромагнитными волнами в излучателях. Эти способы наиболее часто применяются для изменения структуры излучаемого электромагнитного поля в требуемом направлении (столообразное распределение поля в ближней зоне с минимальной неравномерностью, специальная форма диаграммы направленности, определенный коэффициент эллиптичности и т.д.) или обеспечения требуемых характеристик излучателей, например, в расширенном частотном диапазоне. К ним относятся: использование импедансных поверхностей (экранов) в зеркальных, микрополосковых антеннах и в некоторых типах антенных решеток; изменение конфигурации рупорных, щелевых и других излучателей, а также создание излучателей специальной формы [1].

Зеркальные антенные системы с переменным импедансом в краевой части

Рассмотрим зеркальную антенну с переменным импедансом в краевой части (рис.1). Профиль поверхности зеркала описывается параболой $z = x^2/ 4f$ с фокусным расстоянием f, где на участке a_1 x a_2 зеркало является идеально проводящим, то есть его поверхностное сопротивление $w = 0$, тогда как на полупрозрачных краях зеркала задается условие, локально справедливое в любой точке x, значения которой изменяются от b_1 до a_1 и от a_2 до b_2, $w = w(x)$ – импедансная функция, задаваемая в виде:

$$w(x)=A_{1,2}((x-a_{1,2})/(b_{1,2}-a_{1,2}))^2+B_{1,2}((x-a_{1,2})/(b_{1,2}-a_{1,2}))^4, b_{1,2}\ x\ a_{1,2}. \qquad (1)$$

В предположении малой толщины металлизированного слоя это соответствует условиям практической реализации.

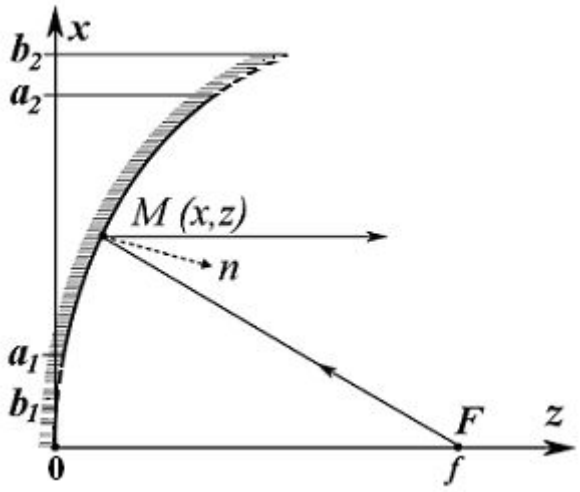


Рис.1

Путем вариации параметров корректирующего поверхностного импеданса можно менять распределения полей как в ближней (снижать неравномерность), так и дальней (уменьшать уровень боковых лепестков) зонах зеркальной антенной системы. Увеличение частоты излучения приведет только к улучшению результата (к сужению ширины диаграммы направленности и уменьшению уровня бокового излучения) [2].

Проектирование сверхширокополосных зеркальных антенных систем для работы в ближней зоне

Анализ рассеянного поля проводился в ближней зоне антенной системы (в коллиматорном случае) при размере раскрыва параболического зеркала d равном фокусному расстоянию ($d = f = 50$, где - длина волны на центральной частоте) для симметричного и несимметричного зеркал при протяженности неоднородной части (от 5 до 20%) и различных зависимостях поверхностного сопротивления $w(x)$, изменяющегося по закону (1). Постоянные A и B определялись в (1) по значениям сопротивления в середине ($w_{0,5}$ менялось в пределах от 50 до 500 [Ом/]) и конце (w_1 менялось в пределах от 750 до 3000 [Ом/]) краевой части зеркала. Поле рассчитывалось в раскрыве зеркала и в рабочей зоне коллиматора (90…116) . Оптимальные параметры определялись путем минимизации максимального отклонения dE амплитудного распределения от 1 в пределах всей рабочей зоны [2].

Рис.2 позволяет оценить достижимую величину неравномерности амплитудного распределения (на максимальной длине волны) для протяженности d_n неоднородной краевой части: 1) 10% (dE_{min}=7,5%) и 2) 15% (dE_{min}=5%), и определить оптимальные параметры ($w_{0,5}$ и w_1) функции поверхностного сопротивления $w(x)$. Для этого случая построены (рис.3)

полные амплитудные распределения в ближней зоне (рабочей зоне коллиматора) зеркальной антенной системы для симметричного зеркала с 15% краем и $w_{0,5} = 200$ [Ом/], $w_1 = 1000$ [Ом/].

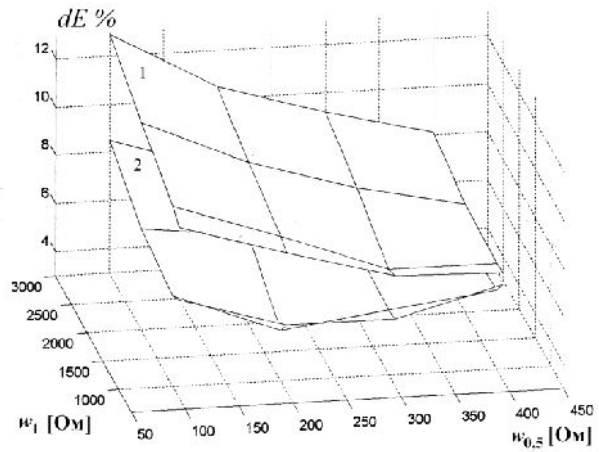


Рис.2

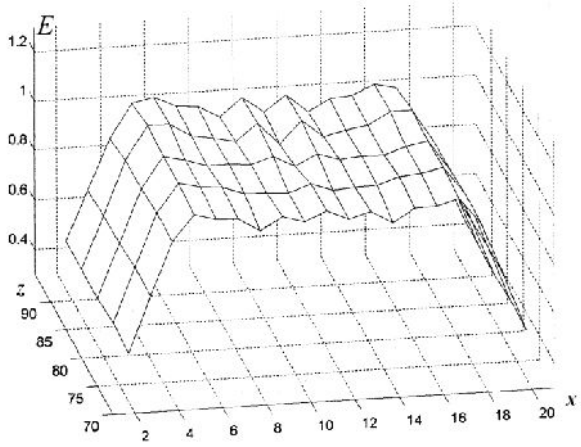
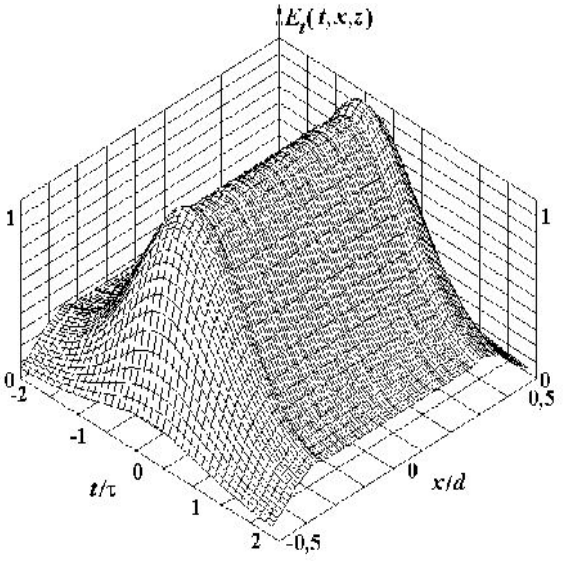
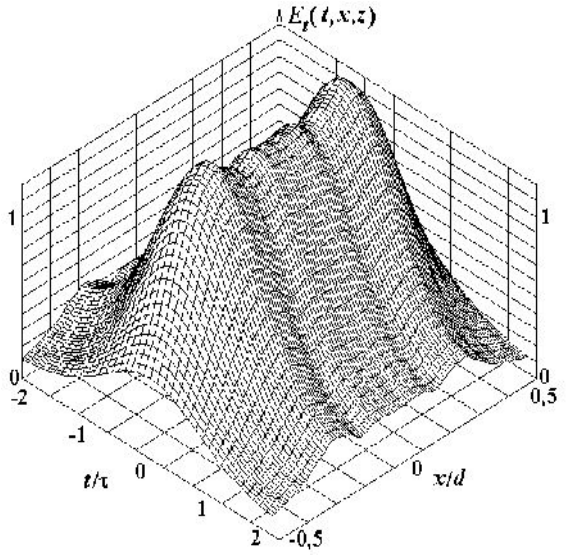


Рис.3

На рис.4 приведены пространственно-временные диаграммы для прямоугольного симметричного и гауссова импульсов [3] в случае зеркальной антенны с параметрами корректирующего импеданса w_0=0, $w_{0.5}$=200, w_1=1000 [Ом/] при d_n =15% в раскрыве зеркала (рис.4, а) и на условной границе рабочей зоны для z=2,5d (рис.4, б).



а)



б)

Рис.4

Эти диаграммы наглядно представляют взаимосвязь между диаграммами формы в разных точках пространства и распределениями поля в разные моменты времени.

Моделирование распределений в рабочей зоне однозеркального

коллиматора подтвердило возможность эффективного применения зеркальных антенных систем с неоднородной краевой частью при работе с сигналами наносекундной длительности. Путем изменения распределения поверхностного импеданса в краевой части зеркала за счет вариации его параметров, возможно целенаправленное изменение характеристик зеркальной антенной системы (распределения поля в ближней зоне, протяженности рабочей зоны).

Проектирование сверхширокополосных зеркальных антенных систем для работы в дальней зоне

При расчетах поля в дальней зоне антенной системы с неоднородной краевой частью источник задавался с учетом его реальной амплитудной диаграммы направленности – функции источника ( ), где = 2arctg(s/2*f*). В качестве этих функций брались простейшие: ( )=*const*, cos . Полученное распределение в раскрыве зеркала корректировалось за счет использования зеркала с переменным импедансом $w(x)$, меняющимся по параболическому закону (1) [4].

Ниже приводятся ДН антенн для случаев, в которых путем применения переменного распределения импеданса по поверхности зеркала удается существенно изменить значения параметров характеристик излучения и дается сравнение со случаями, когда это влияние незначительно. На рис.5 и 6 отображены результаты расчетов для поля F в дальней зоне с $_1(\ ) = const$ и $_2(\ ) = \cos$ при различной протяженности d_n части зеркала с переменным импедансом и значениях импеданса в точках $w_{0,5}$, w_1. В табл.1 приведены кроме этих данных значения ширины ДН 2 $_{0,5}$, уровень первого бокового лепестка $F_{БЛ}$ и коэффициент использования $K_И$ поверхности раскрыва. Коэффициент использования рассчитывался по формуле [2]:

$$K_И = \int_0^b f(x)dx \Big/ b\int_0^b f^2(x)dx, \text{ где } f(x) = \begin{cases} (\ ), |x| \ a \\ (\ )r(\ ), a \ |x| \ b \end{cases}.$$

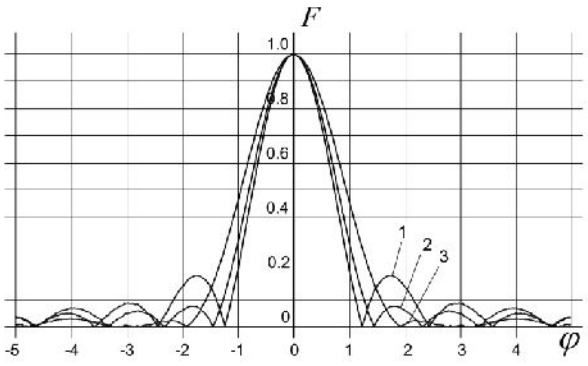


Рис.5

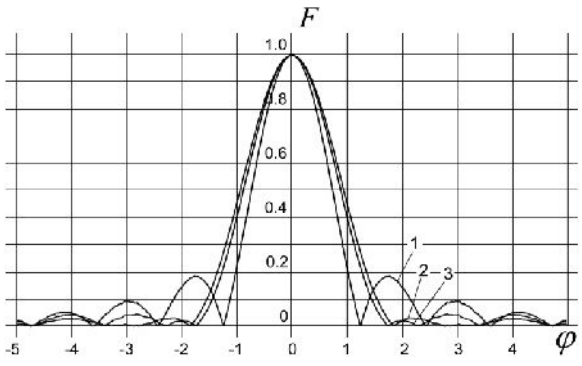


Рис.6

Таблица 1

	dn%		w0,5[Ом]		w1[Ом]		2 0,5 o		-FБЛ [дБ]		КИ	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	20	15	100	100	200	200	1,08	1,08	14,5	14,6	0,97	0,79
2	40	45	200	250	400	1000	1,18	1,28	22,4	26,9	0,89	0,63
3	45	45	300	250	2400	2000	1,38	1,36	30,8	30,5	0,73	0,62

Заключение

Проведенные исследования зеркальных антенных систем подтверждают возможность улучшения их характеристик (формирования распределений полей как в ближней, так и дальней зонах) за счёт варьирования параметров корректирующего импеданса (протяженности и значений сопротивлений) с учетом их практической реализации путем создания определенных распределений переменного корректирующего импеданса в краевой части зеркала. При этом можно получить безлепестковую диаграмму направленности в дальней зоне типа гауссовой, когда уровень первого бокового лепестка составит величину всего лишь порядка -30 дБ. Данные свойства антенны при определенном сочетании параметров могут сохраняться в широком относительном диапазоне частот (более 400%), что даёт возможность применять данные конструкции антенн при проектировании широкополосных и сверхширокополосных радиосистем.

Библиографический список

1. Будагян И.Ф., Дубровин В.Ф. Волновые процессы при излучении и распространении радиоволн // ЭИ. Рег.№0321200114 от 25.01.2012г. М.:МИРЭА, 2011.– 15 МБ.

2. Будагян И.Ф., Щучкин Г.Г. Характеристики поля зеркальной антенны с корректирующим импедансом в ближней и дальней зонах при работе со сверхкороткими импульсами // Антенны.- 2008.- вып.4 (131).- с.20-26.

3. Будагян И.Ф., Илюшечкин М.Н., Щучкин Г.Г. Анализ формы наносекундных сигналов. Излучение и распространение. - Saarbruken: Palmarium academic publishing, 2012. - 132 с.

4. Будагян И.Ф., Щучкин Г.Г. Моделирование процессов излучения, распространения и рассеяния сверхкоротких импульсов, ч.1 // Радиотехника.- 2007.- №12.- с.41-49.

УДК: 004.414.2

МЕТОДИКА ВЫБОРА ИНСТРУМЕНТОВ И МЕТОДОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ЗАДАЧ ВЕРИФИКАЦИИ

Деменкова Т.А., Сорокоумов А.М., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

В настоящее время наблюдается рост сложности программного обеспечения в различных системах, что делает актуальной задачу верификации таких систем. В данной работе предложены результаты исследования технологии подготовки систем и процессов к верификации, а также анализ ключевых инструментов и методов, которые используются для выполнения формальной верификация программного обеспечения.

Формальные методы верификации требуют создания моделей поведения программного обеспечения и набора свойств для анализа, определяющих корректное поведение системы. Создание моделей, в частности визуализированных, не поддается автоматизации, поэтому в большинстве программных средств модели описываются в виде программного кода на внутреннем языке. Анализ этих свойств можно провести существующими инструментами.

В рамках проверки систем методом верификации их моделей, необходимо разработать формальное абстрактное описание самой системы и набор требований (спецификацию) к ней. При построении модели системы для дальнейшей верификации важно поставить цели моделирования, уменьшить пространство состояний программы и формализовать описание программы. Цели моделирования необходимо ставить параллельно с требованиями к системе, так как они в целом определяют уровень допустимой абстракции будущей модели [1].

Основным способом описания требований при верификации систем на моделях остается использование темпоральной логики линейного времени LTL. На ее основе описываются свойства, которым должны удовлетворять линейные последовательности наблюдаемых состояний. Особенностью логики является возможность поддерживать как унарные, так и бинарные операторы. Она позволяет описать как свойства состояний, так и их последовательности, а также может использоваться для описания свойств живучести и свойств безопасности.

После определения целей, опираясь на набор проверяемых свойств, необходимо уменьшить пространство состояний программы, чтобы избежать эффекта комбинаторного взрыва в пространстве состояний. Эта проблема часто возникает при верификации взаимодействующих друг с дру-

гом систем.

Для того чтобы стало возможным использовать программные средства верификации, необходимо подготовить формальное описание выбранной системы. Модель должна быть адекватна выбранным требованиям и корректна по отношению к исходной системе. В качестве абстрактной модели системы для дальнейшей верификации обычно используется структура Крипке [2].

В последнее время большое развитие получила система UniMod. Эта среда разработки автоматных программ на языке Java. Включает в себя инструменты визуального программирования с возможностью отладки, подсветки синтаксиса и т.п. Для проектирования верифицируемой системы в этой утилите удобно использовать UML-диаграмму классов и диаграмму переходов [3].

Для моделирования процессов и систем наиболее часто используется язык UML (Unified Modeling Language — унифицированный язык моделирования). Формат UML 2.0 включает в себя тринадцать типов диаграмм, разбитых на 3 подгруппы. Несмотря на разнообразие как типов UML-диаграмм, так и сред для их разработки, не существует инструментов, удовлетворяющих одновременно трем сформулированным необходимым требованиям (поддержка условий, переменных, параллельных процессов). Таким образом, возникает необходимость разработки собственной графической среды и расширения UML-диаграмм для моделирования программных средств для задач верификации.

В роли программы-верификатора была выбрана система SPIN, как подходящая под все вышеуказанные условия. SPIN является инструментом для автоматической верификации, использует язык Promela в качестве средства для описания поведения системы и LTL в качестве средства описания требований к системе. Модель принимается на вход в виде структуры Крипке, описанной на языке Promela. Спецификация принимается в формате формул LTL, на основе которых строится автомат Бюхи для проверки их корректности на конкретной модели.

Процесс верификации с помощью инструмента SPIN состоит из следующих процедур (рис.1):

- описанная модель на языке Promela и свойства правильности передаются на вход системы SPIN;
- по ключу генерируется код на языке C, который компилируется с помощью компилятора C. В результате получается исполняемый верификатор;
- для поиска ошибок запускается полученный верификатор;
- в случае определения ошибки генерируется контрпример;
- по ключу запускается моделирование контрпримера;

- доступно случайное моделирование (ключ -i), при котором запускается моделирование случайной ветки поведения программы.

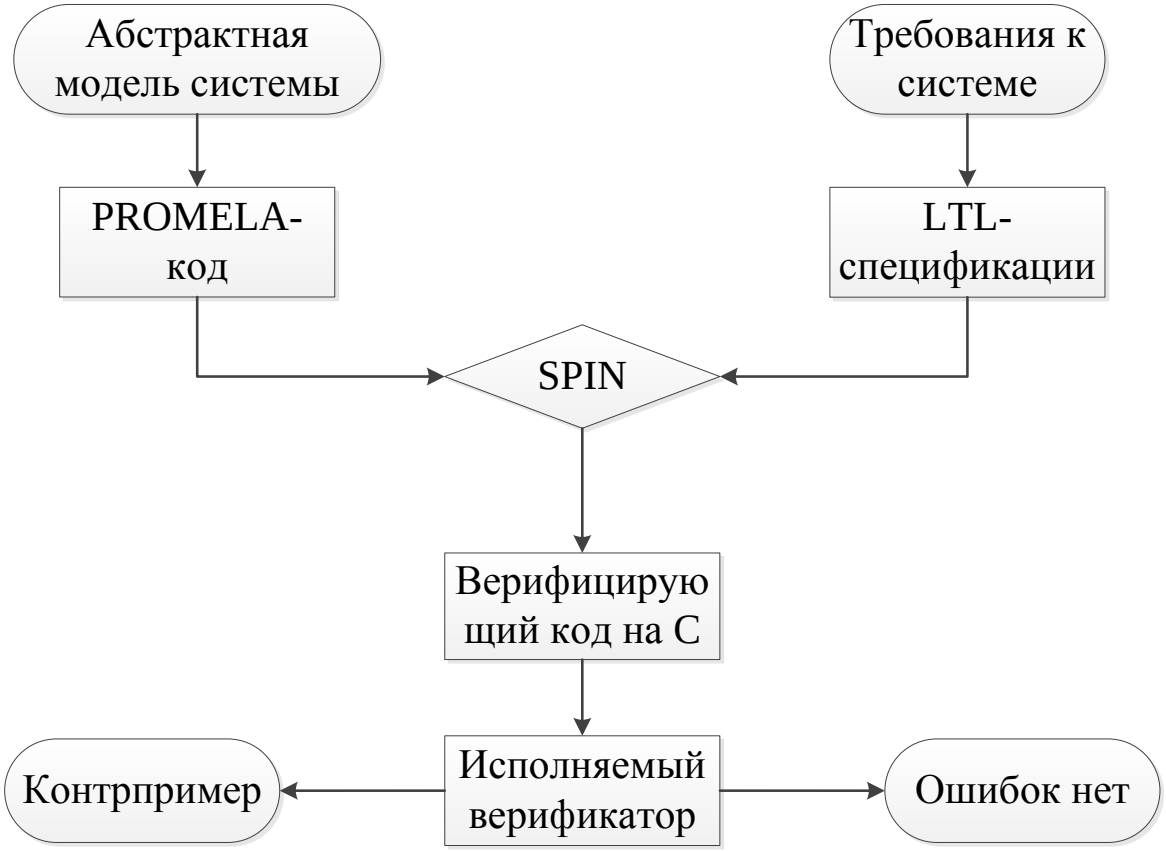


Рис.1. Процесс верификации с помощью инструмента SPIN

Верификация программ на моделях (model checking) - одна из методик формальной верификации систем с конечным числом состояний. Она основана на построении конечной модели системы и проверке выполнения требуемых свойств на этой модели. Процедура верификации процесса состоит из моделирования, формального описания модели, описания спецификаций или требований к модели и процедуры верификации с использованием какого-либо инструмента, позволяющего автоматизировать проверку.

На основании вышеизложенного предлагается структура программного комплекса, состоящего из следующих модулей :

- графическая среда для моделирования программных средств;
- автоматический генератор кода в структуре языка Promela на основе созданной модели программного средства;
- генератор LTL формул в формате верификатора SPIN на основе со-

зданной модели программного средства;

- верификатор SPIN, обрабатывающий код на языке Promela и ряд свойств в виде формул темпоральной логики LTL, подлежащих проверке.

Для покрытия требований моделирования простейших процессов (при условии использования созданных моделей для верификации) необходимы следующие возможности программного средства:

1. Поддержка нескольких параллельных процессов.

Необходим способ описания зависимых друг от друга отдельных процессов с возможностью обмена сообщениями между этими процессами.

2. Условия (if/else).

Условия требуются для реализации простейшей логики работы алгоритмов выполнения процессов.

3. Переменные.

Необходима возможность установки начального значения переменных, изменения их в ветках и блоках, использование одних и тех же переменных разными процессами.

4. Графический интерфейс для моделирования процесса.

Требуются удобные средства визуального описания процессов. Модель и свойства переводятся во входной язык верификатора Promela, после чего SPIN в автоматическом режиме запускается с необходимыми ключами.

Результаты исследований, полученные в данной работе, и практическая реализация программных средств моделирования и верификации дают возможность автоматизировать часть операций при верификации моделей, разработанных в графическом интерфейсе комплекса, а также могут быть использованы разработчиками при проектировании программного обеспечения систем различной сложности [4].

Библиографический список

1. Савенков К. Верификация программ на моделях. URL: http://savenkov.lvk.cs.msu.su/mc/lect02.pdf

2. Лифшиц Ю. Верификация программ и темпоральные логики. Современные задачи теоретической информатики. URL: http://download.yandex.ru/class/lifshits/lecture-note03.pdf

3. Проект UniMod. URL: http://unimod.sourceforge.net/

4. Деменкова Т.А., Сорокоумов А.М. Программа трансляции XPDL-модели во входной язык верификатора для задачи реализации тестовых сценариев. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014618322. Дата регистрации 14.08.2014 г.

УДК 621.315.592.9

ПРИНЦИПЫ ПРОВЕРКИ КОНТАКТИРОВАНИЯ МИКРОСХЕМ И ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММЫ LABVIEW

Артюхов В.В., Попо Р.А., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия
Машевич П.Р. ОАО «Ангстрем»

В работе рассмотрены некоторые тесты для определения работоспособности микросхем

Ключевые слова: тестирование, работоспособность, микросхемы

Приведен тест, который призван оценить работоспособность микросхемы в самом начале измерений. При этом задействуется плата статических параметров (PMU). Также этот тест позволяет проверить соединения сигнальных каналов или проводов.

Описание. Данный тест используется для:

а) проверки электрических соединений микросхемы и соединений между разъёмами;

б) проверки защиты цепей в самой микросхеме с помощью задания тока через контакт микросхемы, и измерение напряжения между контактом и землёй;

в) проверки коротких замыканий.

Сам тестер (HP 82000, Model D100) находится при проверке контактирования в отключённом состоянии. Это означает, что все реле постоянного и переменного тока незамкнуты и блок питания (DPS) выдаёт 0 Вольт. Каждый указанный в списке “пинов” контакт затем соединяется с платой (PMU), который задаёт тестовый ток через этот контакт в микросхему и измеряет напряжение между ним и землёй.

Тест проходит, если измеренное напряжение находится в следующих пределах:

минимальное годное напряжение $\leq$ *измеренное напряжение* $\leq$ *годное максимальное напряжение.*

Напряжение определяется как напряжение прямого смещения внутреннего защитного диода, когда есть связь между контактом микросхемы и землёй. Если нет контакта между “пином” и землёй, то результирующее напряжение будет равно граничному напряжению, потому что блок PMU не может усиливать/понижать ток и поэтому задаёт граничное значение тока. Если результат измерения – 0 Вольт, значит будет определено короткое замыкание.

На рис.1 показана схема проверки контактирования. Тест должен

показать брак на конкретном контакте и вы можете выбрать из меню 2 варианта полярности напряжения. Плата PMU может прикладывать напряжение отрицательной полярности на тот же самый контакт. В этом случае ток течёт в противоположную сторону.

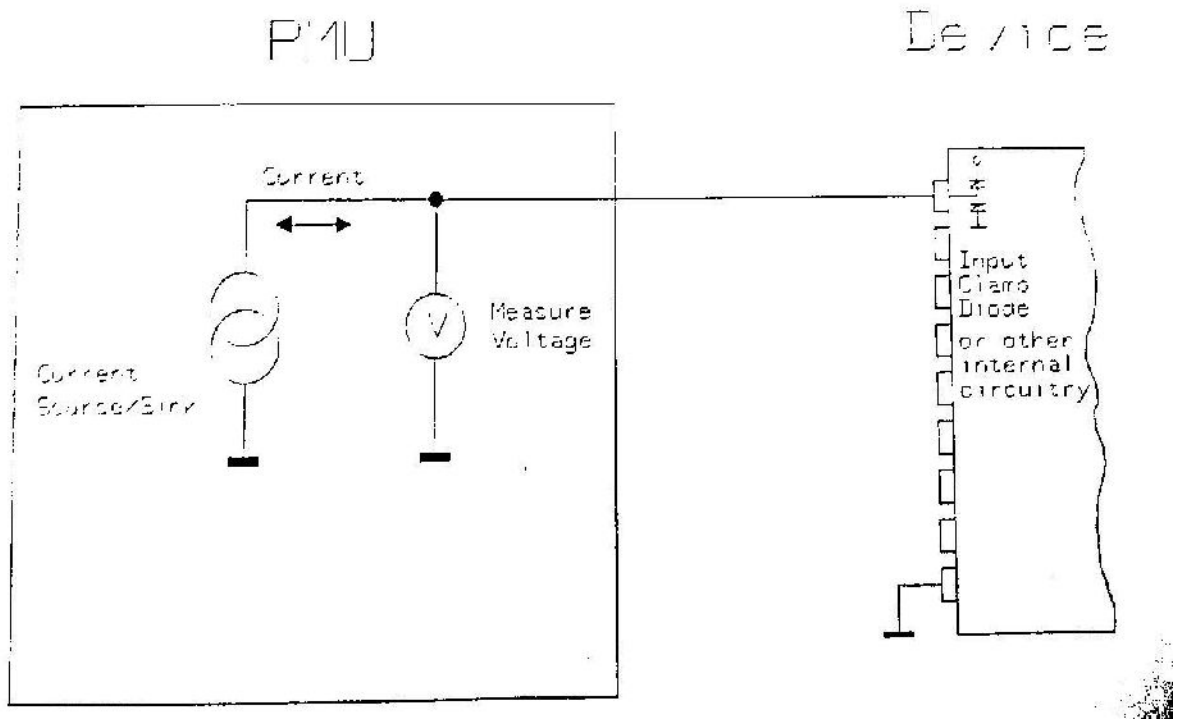


Рис.1 Принцип проверки контактирования

Если выбраны обе полярности, то тест проходит (годен), когда измеренное напряжение лежит в следующем диапазоне:

— макс. годн. напр. ≤ измерен. напр. ≤ — мин. годн. напр.

Если это измерение бракуется, то результат теста отрицательный (брак). Конец измерения теста это состояние “отключено”.

На рис.2 и рис.3 показаны пределы напряжения и тока при разных полярностях напряжения. Граничное напряжение определяет направление текущего тока и максимальное напряжение, которое подаётся от источника питания на микросхему.

Для того чтобы установить блок параметрических измерений (PMU) в режим задания тока, необходимо чтобы граничное значение напряжения (clamp voltage) было бы выше чем внутреннее напряжение защитного диода. Также это условие нужно, для того чтобы передать ток с определённым уровнем как ток являющимся тестовым. Значения тестового тока и граничного напряжения должны быть такими, чтобы не повредить микросхему.

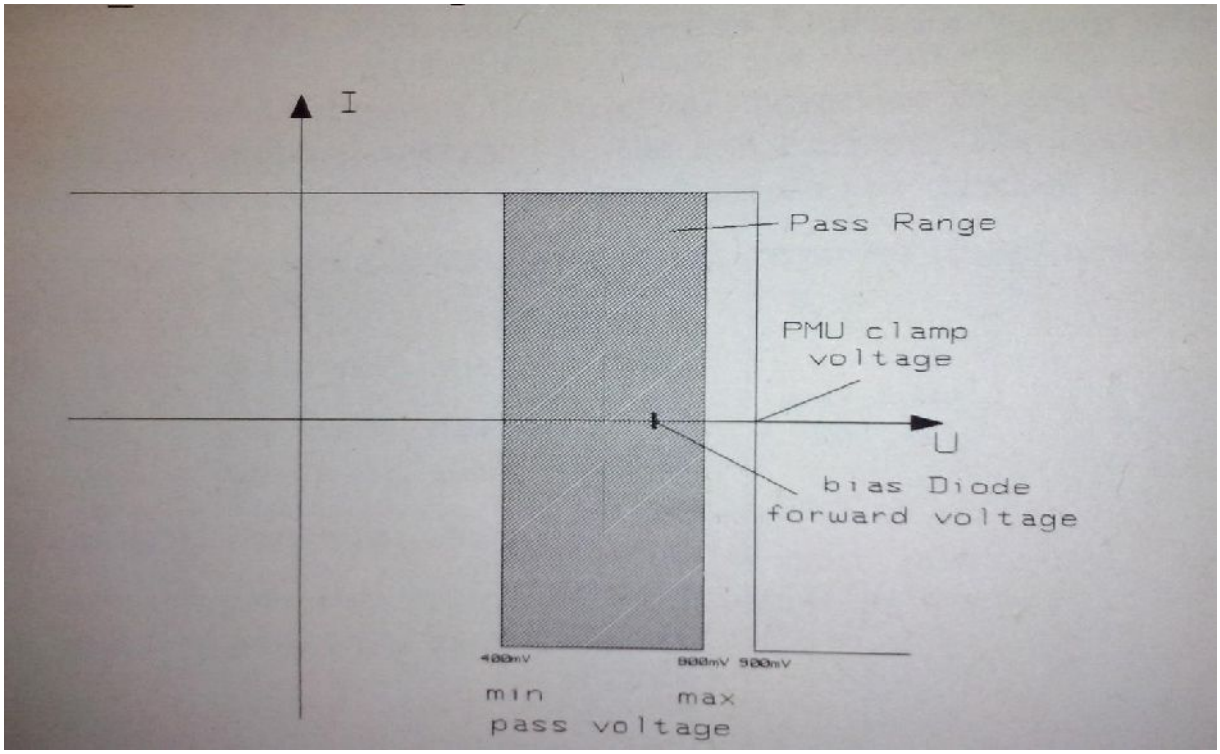


Рис.2 Тест проверки контактирования ─ Положительная полярность напряжения

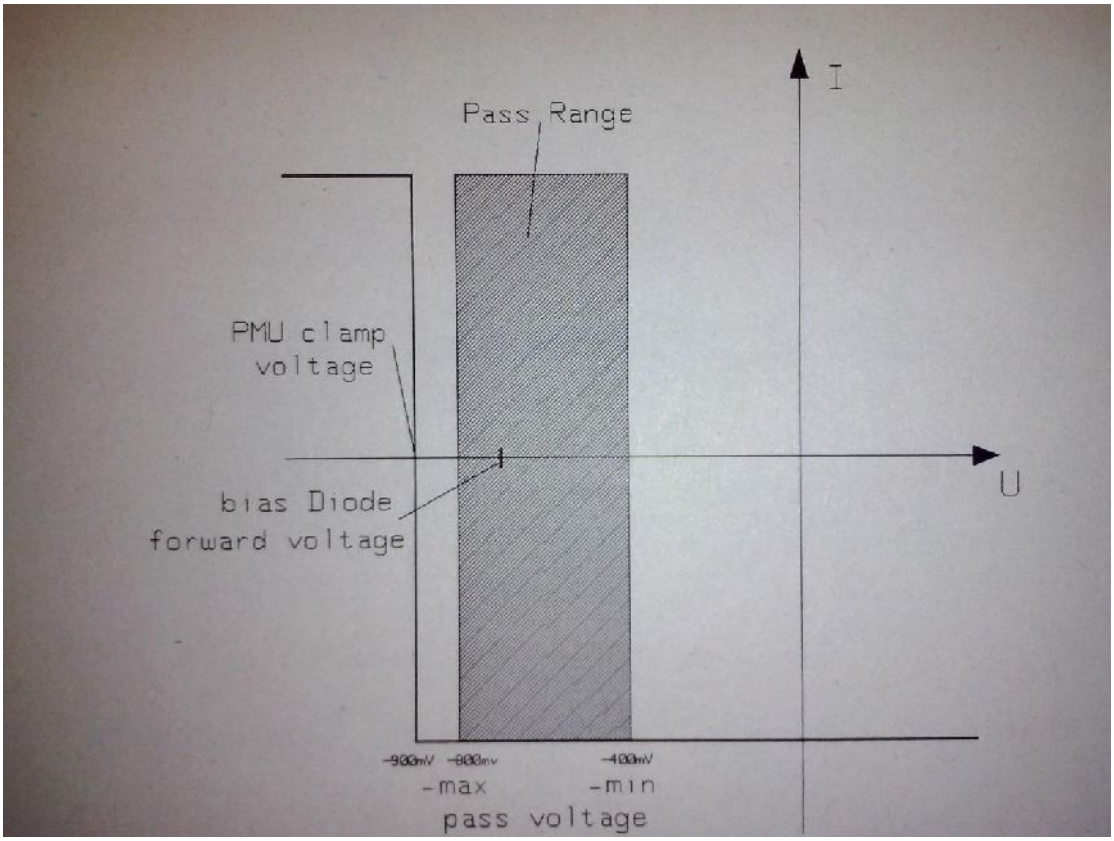


Рис.3 Тест проверки контактирования.
Отрицательная полярность напряжения

В то же самое время тест проверки контактирования может осуществляется с помощью программы LabVIEW (среда разработки виртуальных приборов). Она представляет собой среду графического программирования, которая широко используется в промышленности, образовании и научно исследовательских лабораториях в качестве стандартного инструмента для сбора данных и управления приборами. LabVIEW- мощная и гибкая програмная среда, применяемая для проведения измерений и анализа полученных данных.

Концепция LabVIEW сильно отличается от последовательной природы традиционных языков программирования, предоставляя разработчику лёгкую в использовании графическую оболочку, которая включает в себя весь набор инструментов, необходимых для сбора данных, их анализа и предоставления полученных результатов.

LabVIEW помогает решать задачи различного типа, затрачивая значительно меньше времени и усилий по сравнению с написанием традиционного программного кода. В LabVIEW используется язык графического программирования, где алгоритм создаётся в графической иконной форме (pictoral form).

Эта форма образует так называемую блок-диаграмму (block-diagram), что позволяет исключить множество синтаксических деталей. На рис. 4 показан пример такой блок-диаграммы, которая применяется для проверки контактирования.

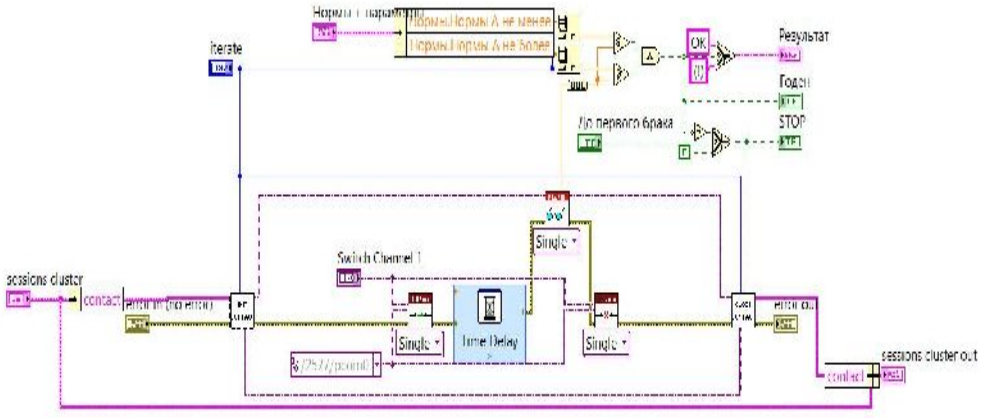


Рис. 4. Блок-диаграмма для проверки контактирования

Программы LabVIEW называют *виртуальными приборами* (ВП, virtual instruments – VI), так как они функционально и внешне подобны реальным (традиционным) приборам.

Виртуальный прибор состоит из трёх частей: *лицевой панели, блок-диаграммы и виртуальных подприборов(ВПП- Sub VI).*

Лицевая панель (Front Panel) – это интерактивный пользовательский интерфейс виртуального прибора. Она имитирует лицевую панель традиционного прибора. На ней могут находиться ручки управления, кнопки,

графические индикаторы и другие элементы управления (controls), которые являются средствами ввода данных со стороны пользователя, и *элементы индикации* (indicators) – выходные данные из программы.

На рис. 5 показана лицевая панель для нашего случая (проверка контактирования).

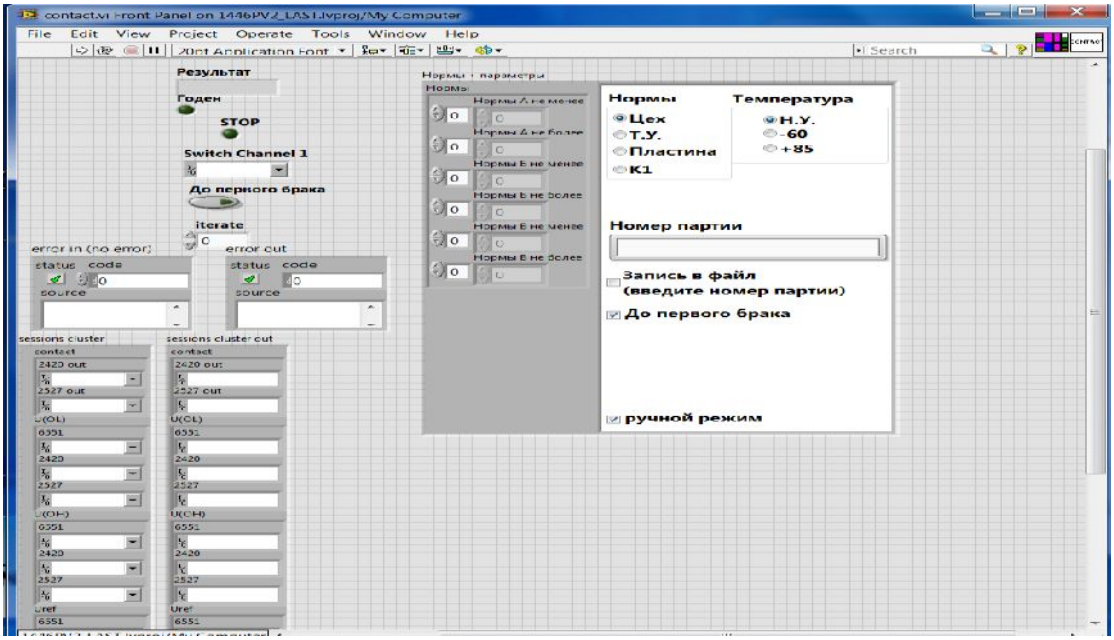


Рис. 5 Лицевая панель виртульного прибора для проверки контактирования

Библиографический список

1. Джеффри Тревис., LabVIEW для всех: Пер. с англ. ─ М.: Прибор-Комплект, 2005. ─ 537 с.

2. Справочное руководство по измерительной системе HP 82000 IC: Пер. с англ. В.В.Артюхов. ─ М., 2015.

УДК: 658.5.011

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БЕССВИНЦОВЫХ И СМЕШАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ МОНТАЖА НА ОТЕЧЕСТВЕННОМ РАДИОЭЛЕКТРОННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Воруничев Д.С., Покровская М.В., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Введение

С 1 июля 2006 года вступили в силу европейские директивы – RoHS и WEEE, которые призваны ограничить использование свинца в производстве и утилизацию любых электроприборов. Под запрет не попадают обла-

сти, где надежность является определяющим показателем (медицина, ВПК, аэрокосмический комплекс). Производство в Европе осуществило переход к бессвинцовым технологиям и исключило из своего производства свинец. При этом переход для многих производственных предприятий Европы длился по 2 года и более. Замена свинца на бессвинцовые сплавы - это не только повышение температуры пайки на 30-40 ^{o}C. Процесс перехода на бессвинцовую технологию очень сложный, он не только коснется изменения в повышении температуры пайки, но и повлечет за собой замену паяльных материалов, оборудования, отработку технологических режимов. Большинство технологически развитых стран мира поддержали требования RoHS. Теперь на рынок поступают компоненты, ориентированные на бессвинцовую технологию.

В последние годы европейская директива получила новый виток своего развития, и с 01.01.2013 года вступила в силу ее обновленная редакция, которая получила названия RoHS 2. Обновленная редакция сокращает область исключения, устанавливает переходный период до 2019 года, в процессе которого область исключений еще больше будет ограничена. Также важным нововведением является то, что для всей продукции, попадающей под действие директивы, производитель обязан декларировать соответствие директиве, а продукция должна быть маркирована знаком CE. Еще одна сторона обновленной директивы - это то, что после окончания переходного периода фактически становится невозможным ремонт старой техники, для которой нет вариантов замены компонентов. Кабели и другие комплектующие, необходимые для ремонта или продления срока эксплуатации устройств, могут продолжать распространятся на рынках ЕС до даты окончания переходного периода [1].

1 Особенности применения бессвинцовых и смешанных технологий монтажа

Отечественная электроника в большей степени ориентирована на продукцию специального назначения. Для вооружения и военной техники одними из ключевых показателей качества являются надежность, срок эксплуатации 20 - 40 лет. Применение в ответственной электронике бессвинцовой технологии на сегодняшний день недопустимо. Значительная часть электронной компонентной базы остается импортного производства, часто с выводами под бессвинцовую технологию. Для того, чтобы избежать применения смешанной технологии в ответственной аппаратуре, бессвинцовые компоненты перелуживают. Шариковые выводы корпусов BGA подвергают реболлингу – процессу, при котором бессвинцовые выводы заменяются оловянно-свинцовыми. Данный процесс имеет несколько циклов теплового воздействия, которым

подвергается компонент. Данные подходы имеют определенные риски, а также лишают гарантии от производителя компонентов.

Основные проблемы смешанной комплектации [2]:

1) Необходимо учитывать фактор бессвинцовой пайки на этапе разработки;

2) Имеют место проблемы в закупках комплектации, отсутствует необходимая информация по покрытию выводов;

3) Сложности и ограничения в закупках электронной компонентной базы категории military.

Для снижения недопустимых рисков смешанной комплектации рекомендуется использовать компоненты с полной обратной совместимостью, перелуживать компоненты или применять специальные паяльные пасты. Для решения проблем смешанной комплектации необходимо наличие полной и достоверной информации о компонентах и их покрытиях от поставщиков. Необходимо наличие на предприятиях, выпускающих ответственную аппаратуру, оборудования и приспособлений для возможности проведения анализа. Тем не менее, сегодня невозможно объективно избежать смешанной комплектации, в том числе в производстве специальной аппаратуры. Однако сегодня существуют методы для решения проблем смешанной комплектации, которые обеспечивают достаточный уровень надежности паяных соединений [3]. Также существуют организационные проблемы для получения разрешения на применение бессвинцовой зарубежной компонентной базы в военной технике. Остается низким уровень конструкторских разработок, в которых необходимо учитывать передовой мировой опыт обеспечения заданной надежности аппаратуры в процессе проектирования. Из-за отсутствия необходимой отечественной нормативно-технической документации при проектировании электронных модулей игнорируются особенности обеспечения заданной долговечности паяных соединений, подробно изложенные в международных стандартах IPC.

2 Экспериментальные исследования свинцового и бессвинцового монтажа

С помощью металлографического микровизора μVizo-MET-221 с линейным увеличением от 50 до 4000 крат были исследованы несколько печатных узлов устройств [4]. Модуль 1 – бессвинцовая пайка, бытовая электроника, срок эксплуатации - 3 года. Модуль 2 – классическая технология свинцовой пайки, вычислительная техника, срок эксплуатации - 10 лет. Исследование проводилось методом “работа в темном поле”. Метод применяется для наблюдения малоконтрастных элементов объектов, для обнаружения дефектов, невидимых в “светлом поле”, для определения и клас-

сификации типа включений, например закиси меди, а также для определения наличия царапин и других дефектов. Метод воспроизводит ярко светящиеся контуры и структуры элементов объектов на темном фоне. Полученные изображения паяных соединений первого модуля (бессвинцовая пайка) приведены на рис. 1 - 3. Изображение паяного соединения второго модуля (свинцовая пайка) приведено на рис. 4.

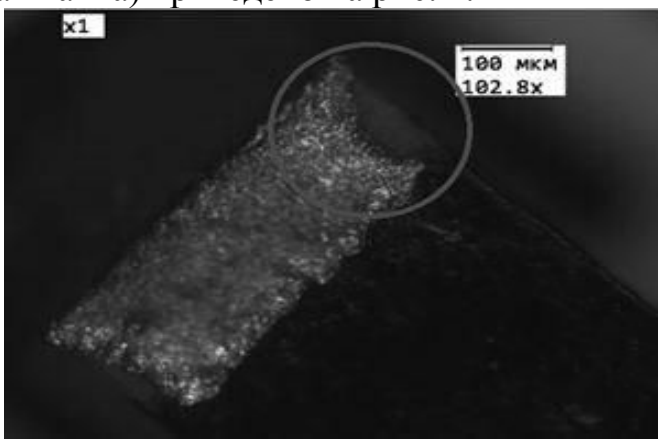


Рис. 1—Модуль 1. Нарушение слоя металлизации вывода чип-компонента

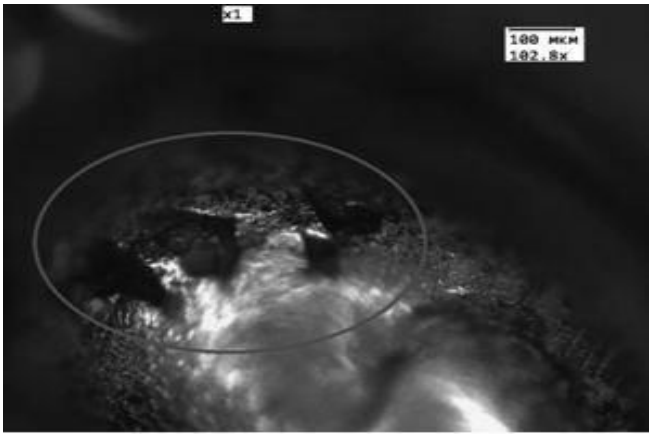


Рис. 2—Модуль 1. Коррозия монтажной пайки

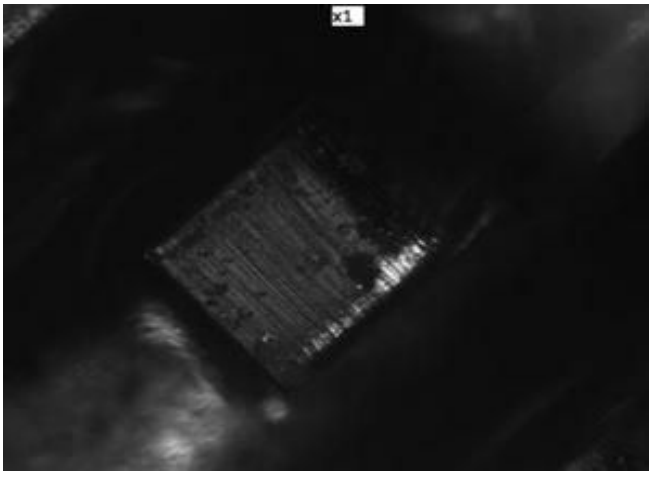


Рис. 3—Модуль 1. Коррозия выводов планарной микросхемы

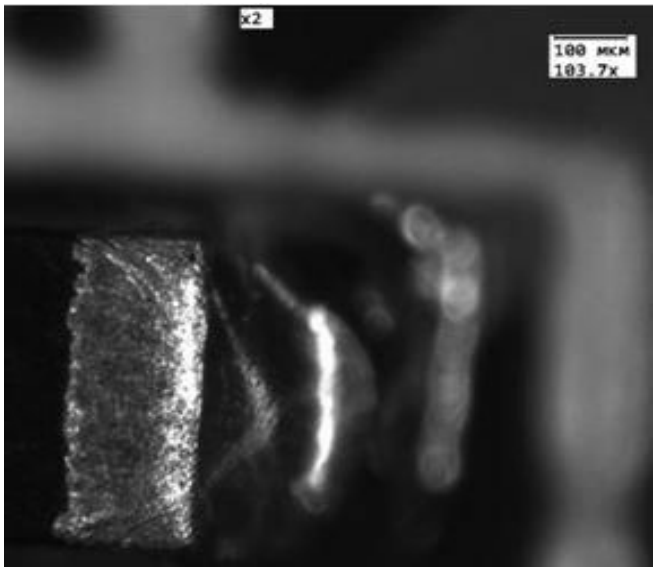


Рис. 4—Модуль 2. Галтель припоя правильной формы, без следов коррозии и повреждений. Слой металлизации чип-компонента без повреждений

Заключение

Результаты проведенного исследования показали, что бессвинцовая технология может без проблем применяться для бытовой аппаратуры, для которой надежность и долгий период эксплуатации не являются ключевыми показателями качества. Три года эксплуатации изделия привели к серьезным дефектам мест пайки, но не к полному отказу устройства, что приемлемо для бытовой аппаратуры. Применение бессвинцовой и смешанной технологии для устройств военного, двойного или аэрокосмического назначения является неприемлемым, так как необходимый ресурс по надежности сроком в 20 - 40 лет не будет достигнут. В данном случае необходимо применение традиционных способов монтажа, сокращение компонентов с бессвинцовыми выводами и использование компонентов с полной обратной совместимостью, перелуживание компонентов, использование специальных материалов и современного оборудования, решение вопросов импортозамещения элементной базы. Необходимо повышение уровня конструкторских разработок, освоение процесса расчета и прогнозирования надежности и качества паяных соединений, распространение рекомендаций международных стандартов IPC. Однако комплекс рисков, связанных с бессвинцовой технологией и импортной электронно-компонентной базой с бессвинцовыми выводами, остается весьма важной научной задачей, требует комплексного управления рисками, прогнозирования качества и надежности на этапах создания, применения и утилизации радиоэлектронного средства.

Библиографический список

1. Рентюк В. RoSH-директива: защита экологии или рынков? // Тех-

нологии в электронной промышленности. 2013. - №5. – С. 12 – 16

2. Медведев А.М., Новиков А. Форум по бессвинцовым технологиям пайки // Технологии в электронной промышленности. 2007. - № 4. – С. 48 - 54.

3. Ивин В.Д. Бессвинцовые тучи SMT // ЭКСПЕРТ+. 2014. - №2. – С. 39 - 44.

4. Д.С. Воруничев, М.В. Покровская. Бессвинцовые технологии: риски и перспективы для российского рынка электроники // Вестник РГРТУ.2014. -№4 (выпуск 50). Часть 2. - С. 107-113

УДК: 621.3; 004; 338

МИКРОЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ. НОВЕЙШИЕ ПРИМЕНЕНИЯ

Федулов Ф.А., Манеев Р.Ю., Антипин Н.А.,
МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Микроэлектромеханические системы – механические сенсоры и актюаторы, производимые по тем же технологиям, что и интегральные микросхемы (ИМС) [1]. Это кантилеверы, гребёнки, мембраны и каналы микрометрового размера, часто встраиваемые в ИМС. МЭМС выступают в качестве сенсоров, получающих информацию от окружающей среды или в качестве актюаторов, оказывающих влияние на окружающую среду посредством сигнала от блока управления (рис.1).

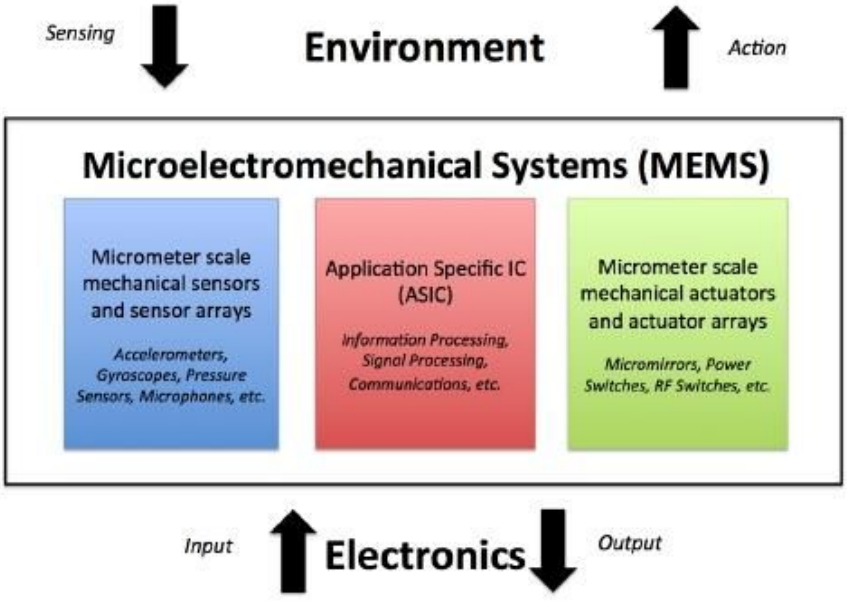


Рис.1. Взаимодействие МЭМС датчиков с окружающей средой.

Обычно МЭМС устройство состоит из МЭМС сенсора или актюатора, помещённого в один корпус с ИМС, которая обеспечивает электрическую связь с сенсором или управление актюатором, отвечает за обработку полученных от МЭМС сигналов и выдачу информации переферийным устройствам. МЭМС сенсор или актюатор может быть изготовлен на одном кристалле с ИМС, а может – отдельно и впоследствии присоединён к ИМС.

Миниатюризация электромеханических систем началась в 60-х годах прошлого века [2], а дальнейшее развитие получила в 70-х [3] появлением технологии объёмной обработки кремния.

Увеличение рынка МЭМС в 90-х годах прошлого века было обусловлено внедрением устройств микромеханики в автомобильную промышленность. Однако внедрение МЭМС в игровые консоли и смартфоны в последнее десятилетие переориентировало рынок в область потребительской электроники. МЭМС устройство в бытовой электронике – это прежде всего акселерометры и микрофоны. Также набирает обороты производство гироскопов и магнетометров.

В марте 2012 года компанией Yole Developpment был опубликован девятый ежегодный обзор «Статус МЭМС промышленности» [4], в котором представлены и исследованы 3 наиболее значимые сегмента рынка: автопром, бытовая электроника и медицина.

В апреле 2013 в своём десятом издании этого обзора компания прогнозирует двукратное увеличение рынка МЭМС устройств за период с 2012 по 2018 год.

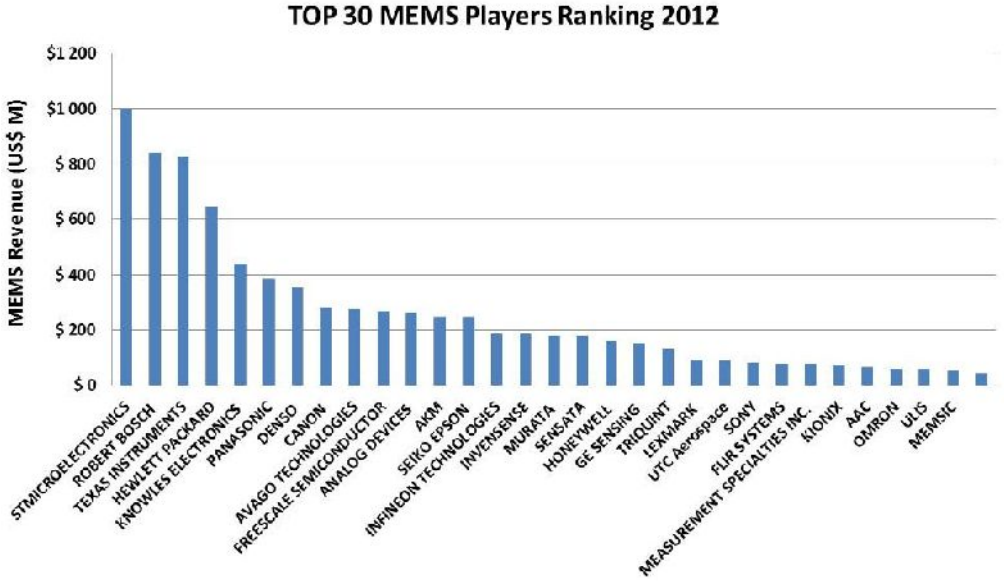


Рис.2. Крупнейшие производите ли МЭМС устройств 2012 года.

На рис.2 отображена статистика прибыли крупнейших производителей МЭМС устройств в 2012 году. Доходы первой четвёрки, а именно

Texas Instruments (цифровые проекторы), STMicroelectronics (инерциальные системы для смартфонов), Hewlett Packard (картриджи для принтеров) и Bosch (автомобильные сенсоры) составляют приблизительно 33% от общей прибыли всех 30 компаний, вошедших в список [5].

Многие знают, что МЭМС акселерометры реагируют на резкое торможение, в результате чего происходит развёртывание подушек безопасности (airbag system).

Помимо «airbag system» акселерометры входят в состав *антиблокировочной системы автомобиля (Anti-lock Braking System или ABS)*. В большинстве полноприводных автомобилей новейшие высококачественные ABS обращают внимание на продольное ускорение для определения движения ходовой части.

Electronic Stability Control (ESC) – другое применение МЭМС в авто, которая помогает водителю в восстановлении контроля над автомобилем во время заноса. ESC использует МЭМС гироскоп для определения изменения курса авто, МЭМС акселерометр, датчики скорости оборота колеса (также могут использоваться и системой ABS) и рулевое управление. МЭМС акселерометры используются для измерения ускорения, когда машина скользит боком.

Система обнаружения опрокидывания (Roll Over Detection System) использует датчик крена и считывающее устройство. Датчик измеряет угол крена авто. Также необходимо наличие акселерометров, измеряющих вертикальную составляющую ускорения и боковое ускорение.

Использование МЭМС в мобильных технологиях ознаменовало следующий шаг в эволюции компьютеров. Другой важный аспект в эволюции МЭМС – добавление «on-board» вычислений. В течение многих лет МЭМС сенсоры были чисто аналоговыми устройствами. Сейчас с развитием технологий стало возможным соединять воедино МЭМС сенсор и ИМС специального назначения, наделяя тем самым сенсор функциями цифрового устройства. Сначала такая функциональность использовалась в самых простых целях – для установок параметров датчика и самотестирования. Но вскоре цифровая логика стала применяться для обработки данных и передачи данных в цифровые выходы. Такой технический скачок позволил двигаться от систем с центральным процессором (ЦП) в главной роли к системе «умных датчиков», разгрузив тем самым ЦП.

На сегодняшний день мобильные устройства способны собирать информацию о состоянии нашего организма. Но всё же не каждый показатель здоровья человека можно измерять при помощи смартфона, т.к. он может быть выключен или не всегда находится под рукой.

Носимые датчики (wearable sensors) созданы для преодоления этого ограничения. Будучи одетыми, они позволяют пользователю непрерывно отслеживать показатели своего здоровья, чтобы вовремя распознать возможные

отклонения от нормы. Положение таких датчиков всегда известно (например, на запястье), что позволяет более точно и надёжно интерпретировать данные.

В медицинской отрасли используются следующие МЭМС технологии:

1. Инерциальные сенсоры (акселерометры, гироскопы, магнетометры).

Акселерометры широко используются для подсчёта количества шагов, расхода калорий, интенсивности физической активности.

Походку человека можно охарактеризовать, если использовать акселерометры и гироскопы вместе. Изменение походки может свидетельствовать о появлении недуга. Магнетометры служат для определения положения рук и ног человека.

2. Микрофоны.

Тело человека – источник акустического шума. Акустический шум тела человека можно использовать для мониторинга функций организма и оценки здоровья, включая психологическое и физическое состояние.

3. Электронный нос (eNose).

Запах считается наилучшим методом минимального вмешательства (non-invasive methods), когда нет необходимости контактировать с исследуемым веществом. Основной подход в определении запахов, представляющих собой сложные смеси паров, состоит в использовании нескольких (или составных) чувствительных элементов (ЧЭ).

В eNose системах на данное вещество каждый ЧЭ реагирует немного иначе. Когда происходит совместный анализ данных со всех ЧЭ возможно узнать состав исследуемых паров и концентрацию составляющих.

Обычно датчики носят на запястье, на груди и на голове. Они также служат для определения местоположения пользователя (GPS), отслеживания его перемещений, измерения температуры тела и электропроводности кожи.

Примеры носимых датчиков представлены на рис.3.

Рис.3. Примеры носимых датчиков.

На сегодняшний день МЭМС структуры находят своё применение в автомобильной отрасли, а также в быстро растущем и развивающемся рынке потребительской электроники. Желание покупателя иметь более функциональные устройства требует создания дешёвых высокопроизводительных сенсоров, сочетающих в себе сразу несколько функций. Производители МЭМС отвечают этим запросам, объединяя в одном устройстве трёхосевые акселерометры, гироскопы и магнетометры, развивая новейшие технологии, обработку сигналов и протоколы обмена.

Число пользователей носимых датчиков неуклонно растёт. Например, в конце 2012 года Nike объявил, что уже 10 миллионов человек пользуются гаджетом Nike+ [6]. Носимые сенсоры создают большие возможности для производителей МЭМС устройств, как это сделали смартфоны и планшеты.

Библиографический список

[1] Madou, M. J., Fundamentals of Microfabrication, CRC Press, 1997.

[2] Tufte, O. N., Chapman, P. W., Long, D., “Silicon diffused-element piezoresistive diaphragms,” Journal of Applied Physics, 33, 1962.

[3] Editorial: Transducers, pressure and temperature, catalog. National Semiconductors, 1974.

[4] Status of the MEMS Industry, Yole Development, July 27, 2012.

[5] Status of the MEMS Industry, Yole Development, July 2013.

[6] Gary Wulf, “How Many People Self-Track?”, http://quantifiedself.com/2013/01/how-many-people-self-track, January 20, 2013.

УДК: 62-91

МЕТОД КОНТРОЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВАКУУМНОЙ НАПЫЛИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Сергачева А.Г., Колобаева О.С., Егоренков В.М.,
МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Введение

Один из современных способов модификаций изделий машиностроения и приборостроения - уменьшение геометрических размеров их элементов. Многие из них включают в себя тонкопленочные покрытия, характеристики которых можно менять, варьируя их толщину. По функциональному назначению такие покрытия связаны практически со всеми раздела-

ми физики: механикой, электричеством, магнетизмом, оптикой, а в качестве материалов для них используется большинство элементов Периодической системы..

1. Термовакуумное напыление, контроль температуры

В отраслях промышленности, производящих электронные, в том числе микроэлектронные устройства, используют разнообразные технологические процессы, в которых исходные материалы преобразуются в сложные изделия, выполняющие различные радио-, опто- или акустоэлектрические функции. При изготовлении всех видов полупроводниковых приборов и ИМС в том или ином объеме используется технологический процесс нанесения тонких пленок в вакууме – тонкопленочная технология.

Наиболее распространенным методом получения тонких пленок является термовакуумное напыление.

Термовакуумный метод получения тонких пленок основан на нагреве в вакууме вещества до его активного испарения и конденсации испаренных атомов на поверхности подложки. К достоинствам метода осаждения тонких пленок термическим испарением относятся высокая чистота осаждаемого материала (процесс проводится при высоком и сверхвысоком вакууме), универсальность (наносят пленки металлов, сплавов, полупроводников, диэлектриков) и относительная простота реализации. Ограничениями метода являются нерегулируемая скорость осаждения, низкая, непостоянная и нерегулируемая энергия осаждаемых частиц.

Так как одной из важных характеристик процесса получения тонких пленок является температура, необходимо знать ее значения на протяжении всего процесса. Еще до 70-х годов прошлого столетия основными приборами для измерения температуры являлись пирометры с исчезающей нитью накала. Но в последние года, благодаря бурному развитию электронных и цифровых технологий, в практике появилось большое разнообразие различных приборов для бесконтактного измерения температуры по тепловой радиации (пирометров). В этой связи крайне актуальными являются вопросы исследования преимуществ и недостатков, как самого пирометрического метода, так и сравнительной оценки различных типов пирометров.

Сущность данного процесса нанесения тонких пленок заключается в нагреве вещества в вакууме до температуры, при которой возрастающая с нагревом кинетическая энергия атомов и молекул вещества становится достаточной для их отрыва от поверхности и распространения в окружающем пространстве. Это происходит при такой температуре, при которой

давление собственных паров вещества превышает на несколько порядков давление остаточных газов. При этом атомарный поток распространяется прямолинейно и при соударении с поверхностью испаряемые атомы, и молекулы конденсируются на ней.

Процесс испарения осуществляется по обычной схеме: твердая фаза – жидкая фаза – газообразное состояние. Некоторые вещества (магний, кадмий, цинк и др.) переходят в газообразное состояние, минуя жидкую фазу. Такой процесс называется сублимацией.

Для формирования тонких плёнок, стабильных в процессе эксплуатации, необходимо нагревать подложку и не форсировать процесс напыления за счёт повышения температуры на испарителе.

В производстве тонкоплёночных структур, как и в случае полупроводниковых, используются групповые подложки. Групповые подложки имеют прямоугольную форму с размерами 60х48 мм или 120х96 мм. Они изготавливаются из изолирующего материала (ситалл, поликор, стекло) и рассчитаны на одновременное изготовление до нескольких десятков идентичных модулей. Таким образом, свойства напыленной плёнки должны быть одинаковы на всей площади групповой подложки.

В первом приближении поток атомов от испарителя к подложке представляет собой расходящийся пучок и поэтому плотность потока в плоскости подложки не равномерна: в центре подложки она максимальна и убывает от центра к периферии. Это означает, что при напылении плёнки на неподвижную подложку в центральной области подложки образуется более толстая плёнка, нежели на краях подложки.

С учётом изложенного производственные установки термовакуумного напыления снабжаются вращающимися устройствами (дисками, барабанами), несущими несколько подложек. Подложки последовательно и многократно проходят над неподвижным испарителем, постепенно набирая необходимую толщину плёнки. В результате центральный <<холм>>, который мог бы образоваться на неподвижной подложке, размывается в хребет, вытянутый в направлении движения подложки. Для выравнивания толщины плёнки в поперечном направлении применяют корректирующую диафрагму, устанавливаемую между испарителем и подложкой в непосредственной близости от нее. Профиль диафрагмы рассчитывается на основании исследования рельефов плёнки, получаемых при напылении на неподвижную и движущуюся подложки. В результате различия времени облучения центральной и периферийной зон подложки равномерность толщины плёнки на всей площади групповой подложки повышается и находится в пределх ±2% (для подложек 60х48 мм).

Основными достоинствами этого метода генерации являются:

- возможность нанесения пленок металлов (в том числе тугоплавких), сплавов, полупроводниковых соединений и диэлектрических пленок;

- простота реализации;

- высокая скорость испарения веществ и возможность регулирования ее в широких пределах за счет изменения подводимой к испарителю мощности;

- стерильность процесса, позволяющая при наличии высокого (а при необходимости сверхвысокого) вакуума получать покрытия практически свободные от загрязнений.

Все испарители различаются между собой по способу нагрева испаряемого вещества.

По этому признаку способы нагрева классифицируются следующим образом: резистиный, индукционный, электронно-лучевой, лазерный и электродуговой.

Резистивное напыление это первый метод нанесения тонкопленочных покрытий в вакууме, который до недавнего времени наиболее широко применялся. Отличительными особенностями этого метода являются техническая простота, удобство контроля и регулирования режимов работы испарителя, возможность получения покрытий различного химического состава.

К числу основных недостатков метода следует отнести отсутствие заметной ионизации паров испаряемого материала, трудности управления основными параметрами потока, высокую инертность испарителей.

Испарение при резистивном нагреве.

Первое систематическое исследование скоростей испарения в вакуум было проведено Герцем в 1882 г. Он перегонял ртуть и определял потери вещества на испарение при одновременном измерении гидростатического давления на испаряющейся поверхности. Исследуя вещества с хорошей теплопроводностью, такие как ртуть, он пришел к заключению, что скорость испарения может быть ограничена вследствие недостаточного подвода тепла к поверхности.

Для всех выбранных условий Герц обнаружил, что скорость испарения пропорциональна разности между равновесным давлением ртути $p^{\blacksquare}$ при температуре поверхности резервуара и гидростатическим давлением p на этой поверхности. Из этих экспериментов он вывел важное заключение о том, что жидкость имеет особую способность к испарению и скорость испарения при данной температуре не может превосходить определенную максимальную величину, даже если подача тепла неограниченна. Более того, теоретический максимум скорости испарения получается только в том случае, если жидкость имеет особую способность к испарению и скорость испарения при данной температуре не

может превосходить определенную максимальную величину, даже если подача тепла неограниченна. Более того, теоретический максимум скорости испарения получается только в том случае, если с поверхности испаряется такое число молекул, которое необходимо для установления равновесного давления p на той же поверхности, причем ни одна из молекул не возвращается на поверхность. Это последнее условие означает, что должно устанавливаться гидростатическое давление $p = 0$.

Измерение высоких температур путем непосредственного соприкосновения измеряемой среды с термометром (контактным путем) часто практически неосуществимо. Нередко при измерениях относительно невысоких температур контактный путь измерения также нежелателен из-за больших трудноопределимых систематических погрешностей или невозможен по технологическим или конструктивным соображениям (например, при измерениях температуры поверхностей вращающихся тел). Во всех этих случаях можно измерять температуру тел по их излучению бесконтактным путем. Для этого применяют пирометры-термометры, действие которых основано на использовании теплового излучения нагретых тел.

Возможность измерения температуры тел по их излучению была известна давно. Широко применялся прежде метод визуальных измерений температуры тел по цветам каления. При нагревании, начиная примерно с температур 550 ^oC, тела постепенно меняют свой цвет от темно-красного до ослепительно белого. Такой метод измерения весьма субъективен и может дать хорошие результаты лишь при большом опыте наблюдений за нагреванием изделий из одного и того же однородного материала. В настояще время этот метод измерения применяется очень редко.

Измерение температуры тел по их излучению можно проводите различными методами. Чаще всего пользуются следующими тремя методами:

- яркостным - по спектральной интенсивности излучения телом лучей определенной длины волны (фотометрическим измерением яркости тела в монохроматическом свете) - по величине J (или B);

- радиационным - по плотности интегрального излучения (по излучательной способности) тела - по величине E;

- цветовым - по отношению спектральной интенсивности, излучения телом лучей двух определенных длин волн - по отношению J_1, J_2.

Яркостный метод измерения, ограниченный только видимой областью спектра, называют также оптическим.

Так как тепловое излучение различных реальных тел при одинаковой температуре получается неодинаковым, то приходится все измерительные устройства градуировать на температуру, соответствующую излучению

абсолютно черного тела. Для определения температур реальных тел приходится в показания измерительных устройств водить поправки, иногда весьма большие.

Яркостные измерения отличаются высокой чувствительностью, так как спектральная интенсивность излучения J очень резко возрастает с повышением температуры. Для видимого участка спектра абсолютно черного тела интенсивности излучения характеризуются значениями, приведенными в таблице 1.

Таблица1

Спектральные интенсивности излучения

Длина волн, мк		Интенсивность излучения J при температурах, К			
λ_1	λ_2	размерность	1000	2000	3000
0,45	—	См • м$^{-3}$	$0{,}258\cdot10^{3}$	$0{,}228\cdot10^{10}$	$0{,}47\cdot10^{12}$
0,55	—	См • м$^{-3}$	$0{,}327\cdot10^{5}$	$0{,}153\cdot10^{11}$	$0{,}121\cdot10^{13}$
0,65	—	См • м$^{-3}$	$0{,}773\cdot10^{6}$	$0{,}496\cdot1\ 0^{11}$	$0{,}198\cdot10^{13}$
0,65	—	относительная	1	64200	2 570 000
отношение интенсивностей $J_{\lambda_1} : J_{\lambda_2}$					
0,65	0,45	—	2996	21,7	4,21
0,65	0,55	—	23,65	3,26	1,39

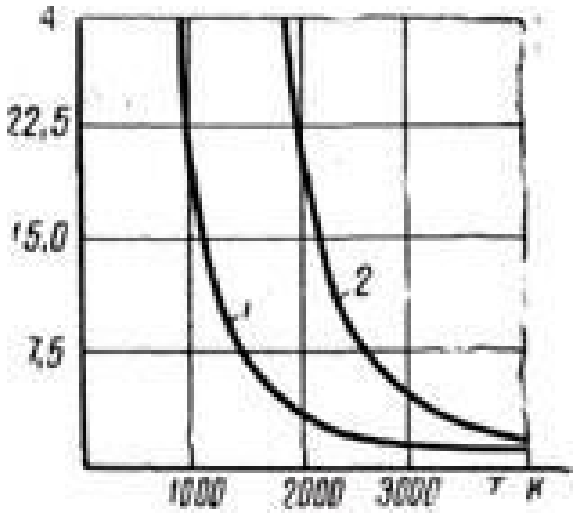
Радиационные измерения обладают много меньшей чувствительностью, пропорциональной четвертой степени абсолютной температуры. Эти измерения в ряде случаев можно технически осуществить проще, чем яркостные.

Цветовые измерения не обладают большой чувствительностью, особенно при высоких температурах. Однако при цветовых измерениях удается получить существенно меньшие поправки на температуру реальных тел, чем для других методов измерения.

Существует несколько понятий цветовой температуры. Чаще всего под цветовой температурой тела понимают температуру $T_ц$, при которой отношение А интенсивностей излучения абсолютно черного тела для двух произвольно выбранных длин волн равно такому же отношению интенсивностей излучения реального тела для тех же длин волн

при температуре $T_д$.

Обычно сравнивают интенсивности излучения на двух длинах волн в пределах видимого спектра, например, интенсивность излучения J_1 красных лучей при длине волны J_2 и синих лучей при длине волны J_3 $0.55мк$. Отношение интенсивностей излучения вполне определенно характеризует температуру (см. табл. 1 и рис. 1).



1 — красно - зеленое; 2 — красно – синее

Рис. 1 - Зависимости отношения спектральных интенсивностей излучения А от температуры

По мере повышения температуры производная dA/dT (рис. 1) приближается к нулю, и измерение температуры по отношению интенсивностей становится в видимом спектре излучения практически невозможным. Это связано с перемещением при высоких температурах максимума интенсивностей излучения на участок видимого спектра. Например, для температуры T= 5000°*C* максимум интенсивности излучения будет приходиться на лучи длиной $\approx$ 0,55 мк.

2. Выводы

При сверхвысоких температурах, когда максимум интенсивностей излучения сместится в сторону волн, короче волн видимого спектра, принципиально возможно измерять температуру таким же путем: по отношению интенсивностей излучения красных лучей к синим или красных лучей к зеленым. Можно определять цветовую температуру и в области инфракрасного излучения при условии, что максимум интенсивности излучения будет располагаться на более коротких волнах.

СЕКЦИЯ 8. ГЛОБАЛЬНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

УДК 53.07

ПРИЕМ И ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ РАДИОПЕРЕДАТЧИКОВ ОНЧ ДИАПАЗОНА

Скрипачев В.О., Пирхавка А.П., Полушковский Ю.А., Назаренко А.С., Пискун В.Л., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

В настоящее время актуальным и востребованным является знание о состоянии ионосферы. Мониторинг ионосферы осуществляется с помощью различных методов и средств измерений, включая наземные и космические. Комплексирование информации, поступающей из различных источников, позволяет получить более насыщенную картину о состоянии ионосферы [1]. Общеизвестно влияние физических свойств ионосферы, особенно слоя F2 на высотах 250-400 км, на характеристики сигналов навигационных космических аппаратов (затухание уровня сигналов, задержка времени распространения и др.). Соответственно без знания состояния ионосферы невозможно внесение соответствующих поправок или рекомендаций для повышения эффективности работы систем навигации и связи. Знание состояния ионосферы дополнительно может обеспечить информацию о наличии возмущений геосфер, в частности повышенной сейсмической активности, извержений вулканов [2].

Однако в условиях финансовых ограничений необходимо рассматривать малобюджетные методы и средства мониторинга состояния ионосферы. Одним из таких способов является оценка состояния ионосферы с помощью радиопередатчиков, работающих в диапазоне 10 - 50 кГц. Физический принцип диагностики состояния ионосферы заключается в приеме наземным радиоприемником сигнала радиопередатчика ОНЧ диапазона, отраженного от слоев E и D ионосферы.

Для мониторинга в МГТУ МИРЭА разработан приемник сигналов ОНЧ диапазона. Уровень принимаемых сигналов очень мал, поэтому в приемной установке используется активная антенна. Полезная информация извлекается из кратковременных изменений амплитуды принимаемого сигнала. В качестве аналогово-цифрового преобразователя использована звуковая карта ПЭВМ с частотой дискретизации не менее 96 кГц.

Экспериментальная установка, включающая в себя антенну, антен-

ный усилитель, разработанный приёмник ОНЧ сигналов и персональный компьютер (рис. 1), была проверена на работоспособность в режиме реального времени. Обработка сигнала производилась в специальной вычислительной программе, предназначенной для наблюдения изменений в принимаемом радиосигнале.

Рис.1 Схема экспериментальной установки

На рис. 2 приведена фотография разработанного приемника ОНЧ сигналов.

Для исследования характеристик принимаемого СДВ радиосигнала использовался метод сопоставления. Данные сопоставлялись с результатами приема сигналов приемником SuperSID, подключенным к такой же антенне.

Для обработки результатов измерений разработано программное обеспечение, реализующее следующие функции:

- корректировку конфигурационного файла с добавлением новых частот для диагностики возможного расширения спектра;
- селекцию данных по частотам;
- слияние в один файл данных измерений по частотам в заданные интервалы времени;
- 2D и 3D визуализацию результатов измерений;
- выполнение корреляционного анализа между измерениями за раз-

личные сутки наблюдений;

- взаимодействие с базой данных для хранения как исходных, так и обработанных данных.

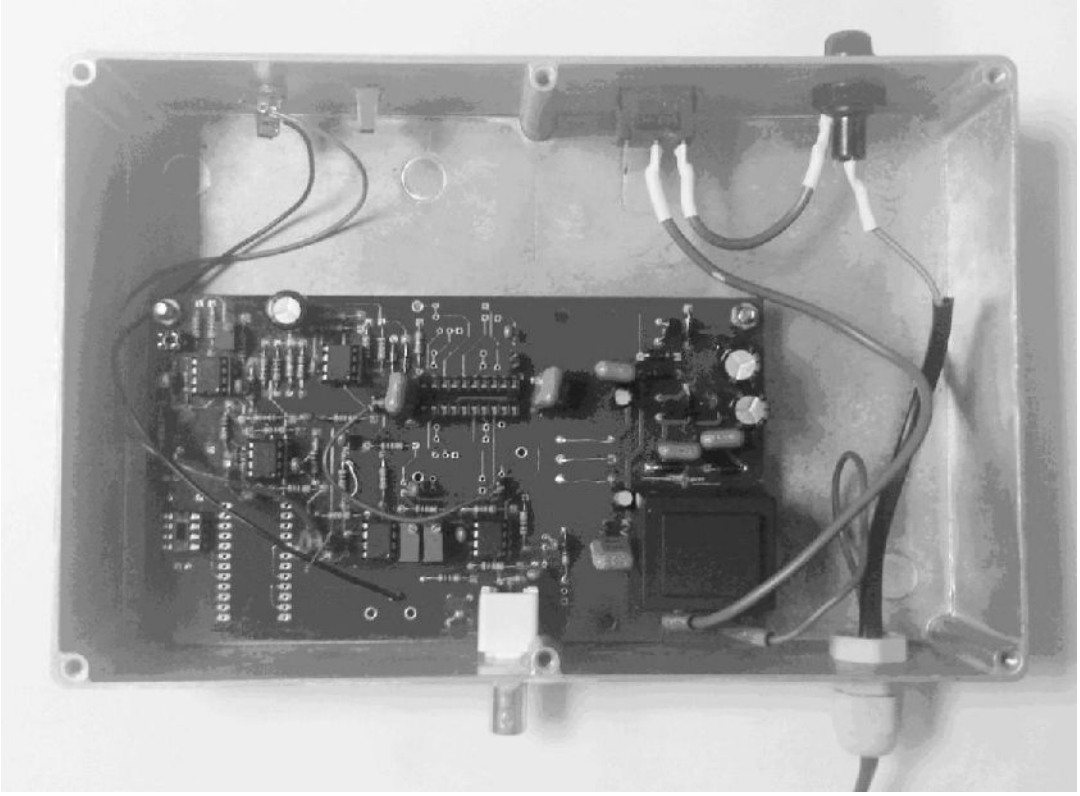


Рис. 2 Приемник ОНЧ сигналов

Подробно архитектура программного обеспечения рассмотрена в работе [3].

Разработанный приемник использовался для измерений характеристик сигналов радиопередатчиков ОНЧ диапазона в течение февраля – марта 2015 г. На рис. 3 показаны результаты, полученные 11.03.15 с нескольких радиопередатчиков: *GQD* (22.1 кГц, Великобритания), *JJI* (22.2 кГц, Япония), *NAA* (24.0 кГц, США). По оси абсцисс указано время *UTC*. По данным *www.tesis.lebedev.ru* на Солнце зафиксирована мощная вспышка *X2.1* (время начала вспышки *19:11:00 МСК*).

Как видно из рис. 3 около *16 UTC* наблюдалось повышение амплитуды сигнала. Вторичный всплеск около *18 UTC* также мог быть вызван вспышкой *M.1*, произошедшей в *21:37 МСК*.

Таким образом, разработанный приемник позволяет регистрировать вариации амплитуды радиосигналов ОНЧ диапазона и выявлять наличие обусловленных солнечной активностью возмущений.

Развитием данной работы является создание приемника, измеряющего не только амплитуду, но и фазу приходящего сигнала.

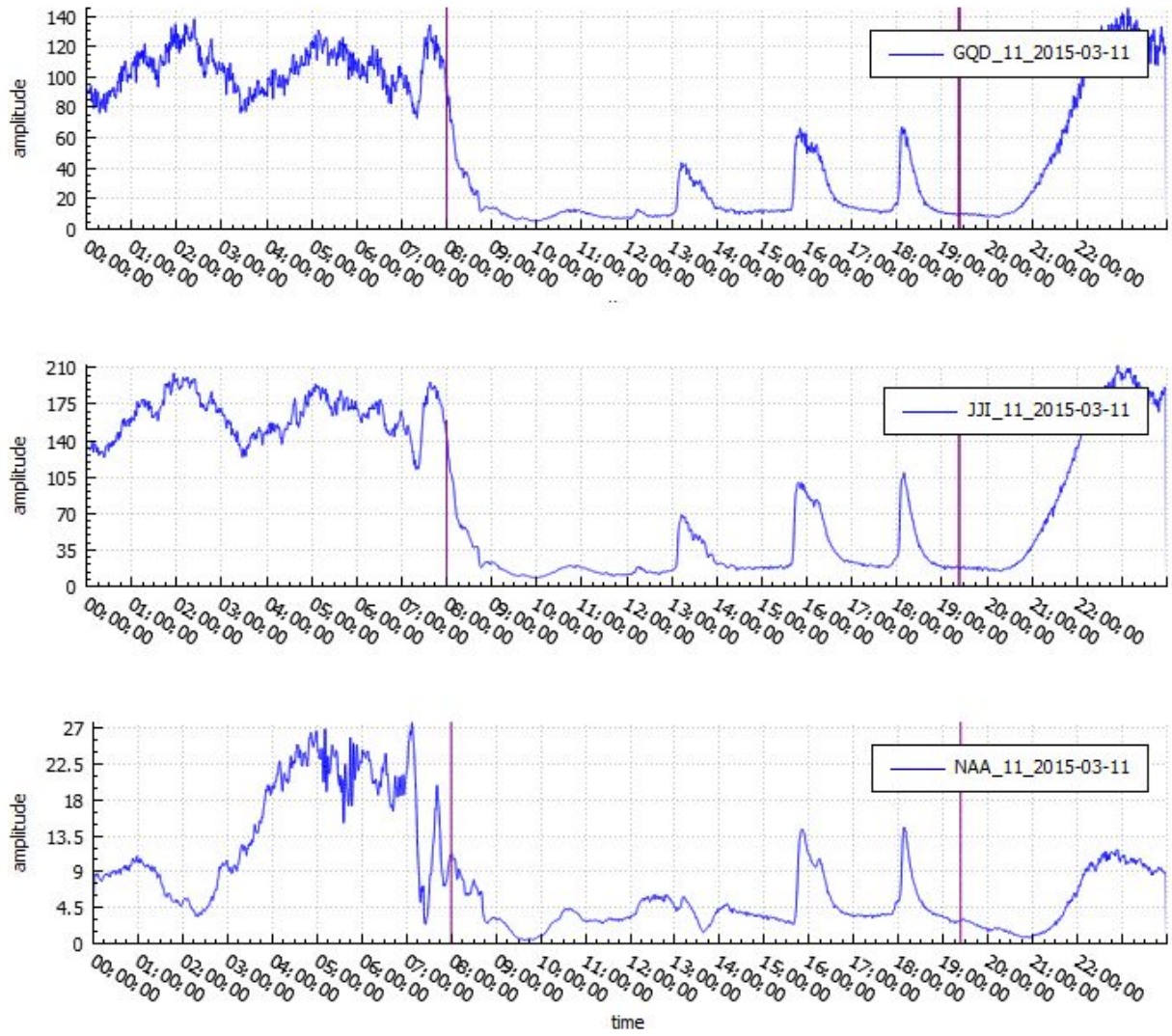


Рис. 3 Результаты обработки принятых сигналов

Библиографический список

1. Скрипачев В.О., Назаренко А.С., Пирхавка А.П., Полушковский Ю.А. Комплексирование информационных ресурсов для мониторинга ионосферы при изучении радиотехнических дисциплин// Материалы Международной научно-практической конференции «Информационные технологии в обеспечении федеральных государственных образовательных стандартов». – Елец: 2014. - Том 1. С. 78-82.

2. Авдюшин С.И., Данилкин Н.П., Журавлев С.В., Давыдов Н.М., Лукьященко В.И., Шувалов В.А., Коваленко А.И.. Исследование и отработка многофункционального радиофизического комплекса для зондирования ионосферы, поверхности и подповерхности структур Земли с борта космических аппаратов// Космонавтика и ракетостроение. - 2007. -№4 (49).

С.158-163.

3. Скрипачев В.О., Полушковский Ю.А., Назаренко А.С.. Аппаратно-программный комплекс диагностики состояния ионосферы по данным ОНЧ радиосигналов// Программные продукты и системы. – 2014. - №4. С. 155-157.

УДК 551.501.86

ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ СВЧ РАДИОМЕТРОВ НИЗКООРБИТАЛЬНЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Скрипачев В.О., Пирхавка А.П., Полушковский Ю.А., Чеботарева В.В., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Бурное развитие методов дистанционного зондирования Земли в последнее время связано с новыми возможностями наблюдений из космоса с помощью бортовой научной аппаратуры космических аппаратов. Измерения с помощью СВЧ-радиометров характеристик электромагнитного излучения системы "атмосфера - подстилающая поверхность" позволяют получать разнообразную информацию о состоянии атмосферы и подстилающей поверхности, необходимую при решении таких задач, как исследование общей циркуляции атмосферы, численный прогноз погоды, слежение за опасными метеорологическими явлениями, изучение климатических изменений и определяющих их факторов.

Одним из актуальных метеорологических параметров, оцениваемых с помощью СВЧ радиометров, является определение характеристик морского льда, точность которого зависит от знания излучающей способности льда, физической температуры излучающей части льда и состояния атмосферы в момент зондирования. Решение данной задачи затрудняется тем, что эти величины сильно варьируются в зависимости от географического положения и сезонности измерений, например, существенны различия в окраинных морях Арктики и в Южном океане. Излучение морского льда зависит от физических, химических и электрических свойств льда, которые определяются природно-климатическими условиями, имевшими место во время роста льда, так и условиями, имеющими место в момент наблюдения. Различия в солености, толщине льда, снежном покрове и влажности поверхности — это лишь некоторые из факторов, приводящих к вариациям в микроволновом излучении. Физическая температура излучающей части льда зависит от температуры воздуха и снежного покрова, изолирующего лед от атмосферы. Так, в

зимний период температура воздуха над многолетним льдом в Антарктике варьируется в диапазоне 240-270 K [1], в то время как снежное покрытие может меняться от полного отсутствия снега на льду до метрового и более слоя снега на льду с торосистыми грядами.

В настоящее время наиболее известны два алгоритма оценки сплоченности морского льда с использованием спутниковых данных: алгоритм NASA Team [2] и алгоритм Bootstrap [3]. Различия в результатах, получаемых указанными алгоритмами, могут достигать 30% в отдельных географических регионах, что обусловлено как влиянием изменчивости температуры морского льда, так и влиянием изменчивости отражательной способности поверхности льда, что затрудняет определение типа льда. Использование только низких частот диапазона 19-37 ГГц в этих алгоритмах позволяет алгоритмам выделить не более двух типов льда по причине высокой корреляции содержания информации на этих частотах. Поэтому целесообразно для определения характеристик льда дополнительно использовать каналы с более высокими частотами, что приводит к увеличению объема принимаемых и обрабатываемых данных с борта космического аппарата.

Соответственно необходимо применять современные информационные технологии, позволяющие обрабатывать большие объемы данных, которыми являются спутниковые изображения. Для обработки целесообразно использовать язык программирования Interactive Data Language (IDL), особенностью которого является ориентированность на работу с массивами (векторизация) [4].

Для оценки быстродействия IDL выполнено его сравнение с языком программирования Java при выполнении однотипных инструкций и единых действий для всех элементов изображений (пиксел). Результаты сравнения приведены на рис.1.

Таким образом, если обрабатывать все данные единой операцией, то IDL по скорости выполнения операций имеет преимущество перед Java.

Дополнительным преимуществом IDL является возможность использования встроенных картографических функций, что упрощает работу с геопространственными данными, например перепроецирование в различные картографические проекции. Картографические проекции преобразуют координаты в координаты на плоскости. Существует много картографических проекций, каждая из которых обладает собственной техникой преобразования сферических координат в координаты на плоскости.

IDL обладает возможностью создания картографических проекций путем конвертирования данных из одной проекции в другую и отображения данных в этих проекциях. IDL имеет 19 встроенных картографических проекций.

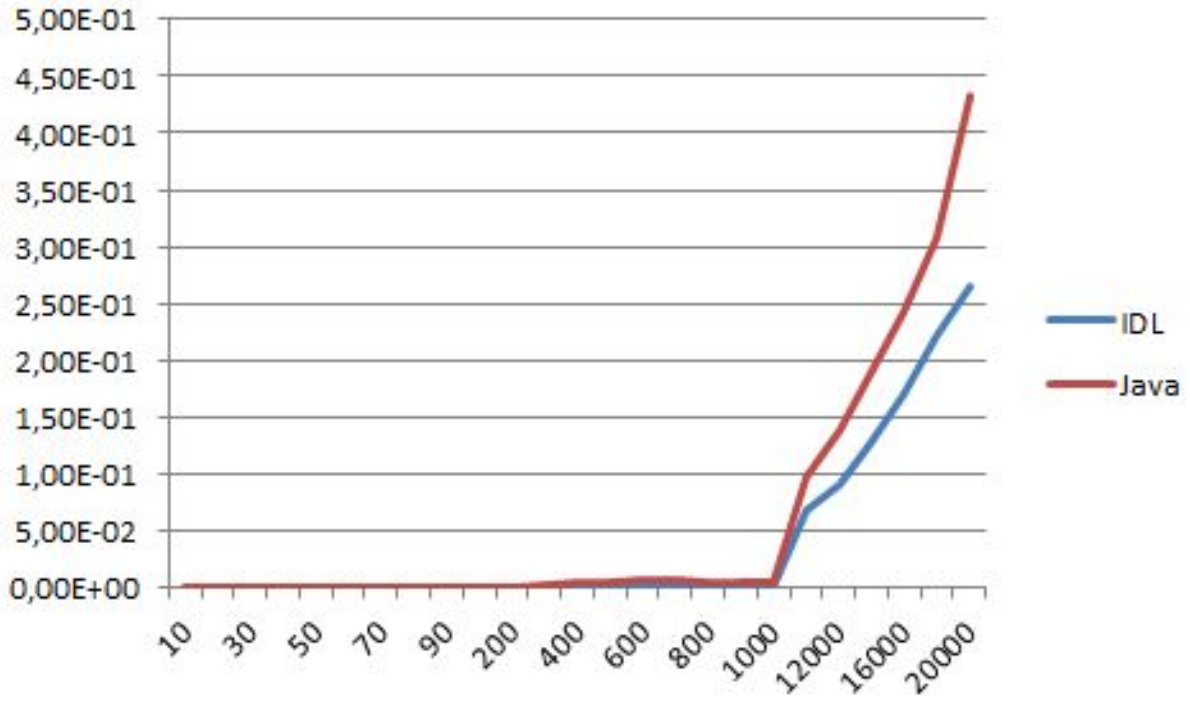


Рис.1. Результаты сравнения быстродействия IDL и Java

База данных, которая поставляется с IDL от Всемирного банка данных (WDB), является достаточно полной для отображения береговых линий.

Таким образом, программная реализация обработки данных СВЧ-радиометра должна быть реализована с учетом современных информационных технологий, необходимых при применении дополнительных частот зондирования, позволяющих значительно расширить круг решаемых задач с помощью СВЧ радиометрии.

Авторы благодарят компанию «Совзонд» за предоставленную возможность тестирования программного обеспечений IDL.

Библиографический список

1. H.J. Zwally, J.C. Comiso, C.L. Parkinson, W.J. Campbell, F.D. Carsey, P. Gloersen. Antarctic sea ice, 1973-1976: Satellite passive-microwave observations // NASA, SP-459, 1983, p. 206.

2. D.J. Cavalieri, P. Gloersen, W.J. Campbell. Determination of sea ice parameters with the NIMBUS 7 scanning multichannel microwave radiometer // J. Geophys. Res. vol. 89, 1984, p. 5355–5369.

3. J.C. Comiso. SSM/I sea ice concentrations using the bootstrap algorithm // NASA Ref. Pub. 1380, 1995, p. 49.

4. Liam E. Gumley. Practical IDL Programming. - Morgan Kaufmann, 2001. – 508 p.

УДК 551.594:551.511.3

МОДЕЛИ ПРОЦЕССОВ ФОРМИРОВАНИЯ МОЛНИЕВЫХ РАЗРЯДОВ

[1]Рябов Ю.Г., [2]Ломаев Г.В., [3]Розанов В.С., [3]Трубицын А.В., [4]Ермаков К.В.,
[2]ИжГТУ, Ижевск, Россия, [3]МГТУ МИРЭА, Москва, Россия,
[4]ООО «Энергодиагностика», Москва, Россия

Для выработки эффективных технических решений по молниезащите необходимо понимание процессов формирования объемных зарядов в грозовой туче и принятие адекватной модели, которая учитывала бы основные факторы, влияющие на развитие разряда внутри грозой тучи, между грозовыми тучами и между грозовой тучей и землей.

В настоящей статье рассматриваются некоторые процессы и модели, которые разными авторами предлагаются в качестве основных, ответственных за формирование грозовых туч.

Большинство ученых, как в РФ, так и за рубежом, занимающихся проблемой электризации облаков, до сих пор придерживаются модели, по которой заряды в облаке образуются за счёт столкновения крупных и мелких ледяных частиц в присутствии переохлажденной воды [1]. Физика процессов, приводящих к образованию объемных зарядов в облаках сложна и не исследована окончательно [2,3,4]. Несмотря на то, что в лабораторных экспериментах доказана возможность электризации ледяных частиц при столкновениях, этот механизм, по мнению ряда ученых, не является основным для объяснения развития МР облако-земля (О-З) и земля-облако (З-О).

Влияние нерегулярных внеатмосферных источников (солнечного ветра, космических излучений и др.), и других ионных источников [4] на вершину облака вызывает изменение проводимости, напряженности и соответственно энергии аккумулирования зарядов в верхнем электрическом слое (области) тропосферы. Но эти изменения энергии менее значимы для механизма электризации приземной атмосферы (в основном влияют на интенсивность) по сравнению с известными приземными физическими механизмами заряжения среды облака и превращения его в грозовую тучу, такими как:

- интенсивности испарения влаги, льда с земной поверхности и скорости конвекции водяного пара;
- физические процессы превращения влаги в ледяную фазу;
- порывы ветра, вызывающие разделение заряженных слоев тучи в результате локального снижения давления воздуха и завихрений частиц среды;

- разделение водных и ледяных частиц по их подвижности (по массе) под воздействием сил восходящих потоков теплого воздуха, ветра, силы тяжести (гравитации);

-турбулентные движения частиц и т.п.

1. Модель развития и формирования внутриоблачных разрядов

Интенсивность солнечного излучения, доходящая в летний период до 1,3кВт/кв.м., вызывает интенсивное испарение влаги с поверхности водоёмов, а также испарение (транспирации) влаги растениями. Например, в процессе испарения со свободной водной поверхности в 100 $м^2$ при температуре 25°С, нормальном атмосферном давлении, влажности воздуха 50-70% и скорости движения воздушных масс вблизи поверхности воды 5м/с, скорость испарения воды составляет $1,6\times10^{-7}$м/с. При этом, знак заряда воды отрицательный, водяного пара – положительный, а напряженность электрического поля в воздухе у поверхности воды составляет около 50 В/м. Процесс испарения льда и воды – альтернативный молниевым разрядам источник пополнения отрицательными зарядами емкости Земли [3,4].

Двигаясь вверх в приземном электрическом поле Земли под воздействием восходящих потоков, влажный теплый воздух охлаждается. Часть перенасыщенной влаги в виде мелких капель выделяется из влажного воздуха и превращается в видимое облако. Процесс капле образования сопровождается разделением электрических зарядов и выделением скрытой теплоты парообразования, за счет чего поддерживается (или повышается) скорость движения оставшейся части пара вверх. При этом образующиеся капли воды за счет торможения движения, как правило, приобретают отрицательный заряд.

Превращение облака в грозовую черную тучу происходит за счет испарения и накопления влаги, собираемой с большой площади поверхности земли. Передвигаясь на высоте выше 1км в электрическом поле (ЭП) Земли напряженностью Е=500-1000В/м и более, облако поляризуется по направлению вектора напряженности ЭП (НЭП): отрицательные заряды у основания облака, положительные – в вершине облака. Между вершиной и основанием облака действует разность потенциалов $U_п=d\times E$. Для зарождающегося облака, например, глубиной d=1км $U_п=1000м\times1кВ=1МВ$.

Приложенная разность потенциалов $U_п$ вызывает в облаке значительные токи в средах высокой проводимости и высокие напряженности поля на отдельных слоях среды с низкой проводимостью.

В атмосфере снижение температуры воздуха составляет 6 °С/км. На высоте 3 км можно ожидать снижение температуры на 18 °С , что недостаточно для образования ледяной фазы. Замерзанию препятствует большая

энергия тепла, выделяющаяся (скрытая теплота) из паровой фазы восходящего потока при начальном образовании капель влаги (1–10 мкм). Замерзание уже коагулированных капель (0,1–1,0 мм) при низких значениях НЭП происходит при температурах минус $(5–10)^0$С [1,5] .

Энергия восходящих потоков (до высоты 8–12 км), вызывает разделение частиц по их подвижности (по массе). В результате легкие частицы быстрее поднимаются вверх, приобретая положительный заряд за счет меньшей энергии работы выхода и индукции от верхнего положительного пространства тучи, а нижние – тяжелые, при торможении, заряжаются отрицательным зарядом. Таким образом, в облаке формируются разно полярные слои (области) и происходит усиление напряженности ЭП между этими образованиями. Увеличение НЭП между заряженными слоями (областями), содержащими переохлажденную смесь пара и влаги, понижает температуру замерзания влаги до минус (10–40) °С.

Скачкообразное образование ледяных частиц в процессе замерзания переохлажденной смеси вызывает резкое повышение разности потенциалов U между разно полярными слоями в результате уменьшения электрической емкости C_0 и существенного снижения проводимости между ними. Уменьшение емкости C_0 вызвано соответствующим резким снижением относительной диэлектрической проницаемости $\varepsilon_г$ ледяной фазы ($\varepsilon_г$=3-4) относительно показателя конденсированной воды ($\varepsilon_г$=80).

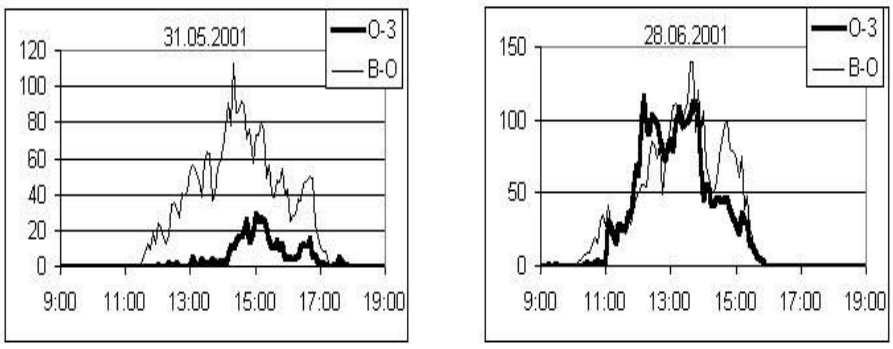
По определению: $C_0=\varepsilon_г*\varepsilon_o*S/d$ – емкость между эквивалентными заряженными слоями. Энергию эквивалентного конденсатора можно представить в виде: $W_c=C_0*U^2/2=q^2/(2*C_0)$, где, $\varepsilon_0= 8{,}85\cdot10^{-12}$ Ф/м – электрическая постоянная; S – эквивалентная площадь взаимодействующих слоев, $м^2$; d – расстояние между эквивалентными слоями, м; q – заряд, Кл. Из выражения W_C следует, что уменьшение емкости C_0 при постоянном заряде q вызывает увеличение напряжения U между слоями.

При замерзании сопротивление ледяной массы увеличивается на пять-семь порядков по сравнению с сопротивлением насыщенной водяной фазы (среды). В результате резко снижается конкурентный процесс релаксации (утечки) зарядов. Стремительно нарастают полярные потенциалы на обеих сторонах ледяных образований, индуцированные процессом замерзания и турбулентным движением образованной ячейки под воздействием вынуждающих сил в условиях НЭП. Интенсивное повышение потенциалов происходит за счет одновременно действующих физических механизмов: скорости электризации (увеличения q), инверсии полярности электризации (отчего зависит уровень начального пробоя), снижения $\mathbf{C_0}$ и увеличения сопротивления утечки зарядов.

Процесс замерзания и образование ледяных частиц, вызывающий интенсивную электризацию среды, происходит сначала в верхней, холод-

ной части тучи [4]. Разность потенциалов между заряженными ячейками повышается до уровня начала ионизации среды, при которых начинают происходить внутри облачные разряды (ВО). Начальное инициирование ВО разряда определяется величиной потенциала в условиях сниженного атмосферного давления воздуха (АДВ), уменьшающегося с повышением высоты относительно уровня моря (101 кПа). Пониженное АДВ и солнечная фото ионизация стимулируют развитие ВО разрядов именно в верхней части тучи.

Акустические, ультразвуковые и электромагнитные излучения первых искровых ВО разрядов ускоряют процесс ионизации и разделения зарядов, вызывая повышение скорости электризации ячеек в среде. В результате постепенно возрастает интенсивность ВО разрядов, захватывая среднюю и нижнюю часть тучи. Далее, процесс генерации в туче ВО происходит лавинообразно (рис.1). Мгновенные значения потенциалов отдельных ячеек среды могут достигать сотни киловольт – единицы мегавольт. Но таких уровней потенциалов недостаточно для развития и формирования нисходящего МР О-З от основания тучи и развития восходящего МР З-О.



а) б)

Рис.1 Временные вариации интенсивности молниевых вспышек внутриоблачного типа (тонкие линии) и типа облако-земля (жирные линии) за дневные интервалы регистрации (май (а) и июнь (б).

2.Ветровая модель электризации тучи

Для образования МР О-З и З-О необходимо, чтобы мгновенное значение потенциалов в основании грозовой тучи повысилось до значений 100–300 МВ [5], например, путем разделения слоев полярных зарядов при воздействии сторонней принудительной силы. Такую силу под тучей создают порывы (прорывы) ветра высокой скорости, образуя область пониженного атмосферного давления воздуха (АДВ), которая отрывает заряженный слой основания тучи вниз в сторону земли, разделяя полярные заряды. Механизм электризации подобен процессу при отрыве диэлектри-

ческой пленки от изоляционной поверхности. Этот процесс вызывает мгновенное повышение потенциала слоев основания тучи до значений сотни мегавольт, до величины, необходимой для первичного искрового пробоя вниз. НЭП в пространстве З-О возрастает до величины, достаточной для эмиссии восходящих зарядов с остриев возвышений на поверхности земли.

Во время циклонических явлений скорость ветра в верхних слоях атмосферы достигает значений от 50 до 100 м/с. Ветер перед фронтом тучи, высота которой в стадии зрелости составляет 8–12 км, создает локальную область повышенного АДВ из-за большого момента инерции массы тучи. (Содержание воды в средней грозовой туче оценивают в $2 \cdot 10^5$ тонн [2]). Из этой области высокого давления, расположенной перед фронтом тучи, под основание тучи с высокой скоростью прорывается воздух, который вызывает под ней область пониженного АДВ, создавая силу, тянущую кромку тучи вниз.

Первичный искровой пробой, так называемая лидерная стадия (автоэлектронная эмиссия - стримерная вспышка), первоначально (чаще) инициируется электронами из-за их высокой подвижности и меньшей ионизационной энергии, чем у ионов. Лидер является началом развития нисходящего и восходящего МР. Лидерный разряд (называемый ступенчатым) первой компоненты молнии О-З (или З-О) продвигается толчкообразно, вертикальными параллельными каналами – ступенями, каждый из которых длиннее предыдущего на десятки метров. Дополнительную энергию для своего начального цикла пульсирующего продвижения ионизированный (проводящий) лидерный канал приобретает из электрического поля (ЭП) наэлектризованного пространства, прилегающего к трассе разрядного канала, путем стягивания зарядов (токов смещения и проводимости) в канал.

Ступенчатый разряд, достигая земли (нисходящий) или тучи (восходящий), завершается обратным (главным) разрядом униполярных токов по созданному им плазменному светящемуся (3000 - 6000°С) каналу. Свечение канала происходит за счет энергии, выделяющейся при ускоренном движении во встречных направлениях униполярных «тяжелых» ионов под воздействием высокого потенциала О-З (или З-О) и стягивания потенциальной энергии от окружающего канал пространства. Далее, по одному и тому же плазменному каналу развиваются несколько (2-10-30) стреловидных единичных МР.

Средняя продолжительность главного разряда 20–50 мкс; интервал времени между повторными разрядами 0,001–0,5 с. На осциллограмме рис.2 видно, как после каждого цикла МР НЭП мгновенно спадает, а затем медленно возрастает.

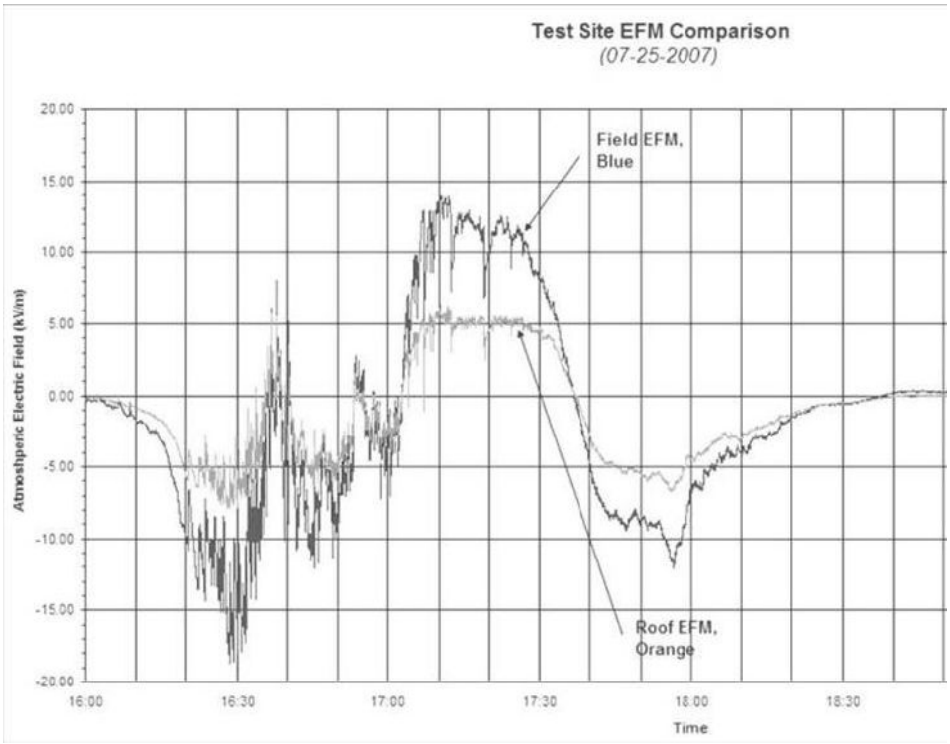


Рис.2. Характерные вариации интенсивности и инверсии полярности НЭП в атмосфере (Field EFM) и над крышей дома (Roof EFM) во время грозы, приведенные на презентации устройств молниезащиты компанией «Lightning Eliminators & Consultants, 9no» (США в 2009 г.)

3.Гравитационная модель электризации тучи

Ледяные структуры в верхней части тучи будут сохранять свое положение, пока действует восходящий поток. При ослаблении силы восходящего потока положительно заряженная ледяная масса будет опускаться вниз под действием силы тяжести к отрицательно заряженному основанию тучи, где уже происходят процессы МР О-З.

Опускаясь с ускорением от положительно заряженного верха тучи, ледяная масса будет стремительно повышать свой высоковольтный потенциал за счет тормозного эффекта в силовом электрическом поле, совершаемой работой силы тяжести и трибоэлектричества. По закону индукции на верхней стороне ледяного образования будут возрастать отрицательные, а на нижней стороне – положительные заряды. Быстрая зарядка ледяной массы обусловлена ее низкой электрической емкостью C_0 по сравнению с водными образованиями, и низкой проводимостью льда, существенно снижающей релаксацию зарядов.

При приближении к основанию тучи заряжаемая ледяная масса, сначала связывает отрицательный заряд нижнего слоя, ослабленного МР О-З, затем его нейтрализует, меняя полярность основания. Соответственно, на

земле происходит изменение направления (инверсия) вектора НЭП О-З. На поверхности земли индуцируются отрицательные заряды. Высокие локальные НЭП под тучей инициируют с наземных возвышений излучения потоков отрицательных ионов (электронов) конкурирующих восходящих каналов. По одному из них, проросших до основания тучи, и происходит главный МР О-З положительной полярности.

Количество положительных МР возрастает в местах размещения высотных сооружений. Например, в Останкинскую TV башню за сезон происходит 30-50 ударов МР. Больше половины из них положительной полярности. Часть этих МР вызвана ранним развитием восходящих ионизированных каналов, инициированных излучениями радиочастот и СВЧ от антенн, расположенных на башне, даже при небольших повышениях напряженности ЭП в начале грозы.

Библиографический список

1. Стасенко В.Н., Гальперин С.М., Степаненко В.Д., Щукин Г.Г. «Методология исследований грозовых облаков и активных воздействий на них». (Филиал ГГО–НИЦ ДЗА). Сборник научных трудов 5-ой Российской конференции по атмосферному электричеству. 2003г. Том I. Владимир, 2003.–340, с.4-7.

2. Климин Н. Н., Шварц Я.М. «Оценка трендов в рядах данных приземного атмосферного электричества за 1916 – 1992г.г.» // Метеорология и гидрология.1996, №11, с.20 – 28.

3. Шавлов А.В. Механизм межфазной электризации при испарении и конденсационном росте льда и воды. Криосфера Земли, 2008, т. XII, № 2, с. 52–59. http://www.izdatgeo.ru.

4. Ермаков В. И., Стожков Ю. И., Свиржевский Н. С. «Основные источники ионизации атмосферы». Сборник научных трудов 5-ой Российской конференции по атмосферному электричеству. 2003г. Том I. Владимир, 2003, с. 63–65.

5. Резичкина М. М., Князев Н. Н., Кравченко В. И. «Расчетное определение вероятности поражения молнией наземных объектов». Институт «Молния». ХПИ, Украина. Журнал технической физики, том 77, вып. 7, 2007, с. 63–68.

6. Кононов И. И., Юсупов И. Е. «Вариации параметров электромагнитного излучения молниевых вспышек в процессе эволюции грозовых очагов». Сборник научных трудов 5-ой Российской конференции по атмосферному электричеству. 2003г. Том I. Владимир, 2003, с. 305–308.

7. Рябов Ю.Г., Ломаев Г.В., Ермаков К.В. «Механизмы приземных факторов развития энергетики молниевых разрядов». Технологии ЭМС. №1, 2015г. С.47-55.

УДК 621.355

ВОПРОСЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЕМКОСТИ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ

Удалов А.И, Розанов В.С., Трубицын В.А.,
МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Интенсивное увеличение количества химических источников тока (ХИТ), необходимого для обеспечения работоспособности электронных, транспортных и прочих средств, вызывает необходимость увеличение объемов производства ХИТ, истощение естественных ресурсов, загрязнения окружающей среды. Одним из направлений деятельности для улучшения ситуации является разработка мероприятий для увеличения срока службы ХИТ. В свою очередь срок службы ХИТ будет зависеть от вида электрохимической системы, применяемых материалов, технологии изготовления, условий эксплуатации, организации обслуживания, человеческого фактора и т.д. В итоге на практике емкость аккумулятора со временем будет уменьшаться и эти уменьшения можно разделить на обратимые и необратимые.

Потери емкости могут возникать как в отдельных элементах ХИТ, так и в устройствах с комбинационным схемотехническим соединением их для обеспечения нужных характеристик источника питания, поэтому проведение отдельных технологических этапов процедуры восстановления ХИТ для элемента и для батареи может различаться.

1. Возможность восстановления емкости элементов аккумуляторных батарей

После анализа информации по литературным источникам ситуация восстановления емкости ХИТ выглядит в следующем виде [1, 2].

Возможность восстановления емкости аккумулятора связывают с наличием в конкретном аккумуляторе эффекта памяти: есть эффект памяти – восстановление емкости возможно, нет – невозможно. Он свойственен только аккумуляторам на основе никеля, причем сильнее всего он проявляется в никель-кадмиевых аккумуляторах.

Восстановление емкости аккумуляторов возможно у свинцово-кислотных аккумуляторов, для них критерием является степень сульфатации пластин аккумулятора. Если сульфатация застарелая (ненормальная), то аккумулятор не восстанавливается.

У литиевых аккумуляторов нет ни эффекта памяти, ни сульфатации пластин, нет восстановления, есть только необратимое старение.

При процессе восстановления емкости используется серия контроли-

руемых циклов разряда – заряда. Восстановление зависит от типа электрохимической системы, количества уже отработанных циклов, метода обслуживания и возраста аккумулятора.

Наилучшие результаты достигаются при восстановлении NiCd аккумуляторов. Обычно от 60 % до 70 % отвергнутых NiCd аккумуляторов может быть восстановлено для полноценной эксплуатации при использовании тренировочных циклов и восстановительных методов, заложенных в анализатор аккумуляторов фирмы Cadex или ему подобный [1].

Процент восстановления NiMH аккумуляторов оценивается примерно в 40 %.

Процент восстановления герметизированных аккумуляторов серии SLA мал и составляет около 15 %. Причиной низкого значения емкости SLA аккумуляторов является их длительное хранение в разряженном состоянии и недостаточном заряде.

Восстановление емкости Li-ion аккумуляторов, вероятно, будут разработаны в ближайшем будущем. В настоящее время, надежных методов восстановления этих аккумуляторов нет [1].

И исследовательские и технологические работы с ХИТ основываются на анализе зарядных и разрядных характеристиках ХИТ, на основании которых проводятся тестирующие процедуры для совершенствования процессов. Проведенные в МГТУ МИРЭА исследования [6…9, 12, 13] позволили выявить общие закономерности при прохождении зарядно-разрядных процессов в ХИТ и сформулировать понятие ионной гидродинамической модели, применимой ко всем использовавшимся при проведении исследований видам аккумуляторам. Согласно [3…5] напряжение на клеммах аккумулятора U в любой момент времени будет зависеть от напряжения разомкнутой цепи $НРЦ$, тока I, омического R и поляризационного $R_{пол}$ сопротивлений U $НРЦ$ I R $РРЦ$ I $(R$ $R_{пол})$.

При подаче тестирующих импульсов на осциллограмме скачок напряжения связан с величиной R, изменение напряжения во времени зависит от поляризационных процессов в аккумуляторе, а они определяются активацией и деактивацией ионов.

Если тока через аккумулятор нет, то НРЦ будет приложено к сепаратору, разделяющего анодную и катодную массы. В [7] показано, что при прохождении токов эксплуатационных уровней напряжение на обкладках сепаратора изменяется в ограниченных пределах вблизи U $(U_{макс}$ $U_{мин})$ $0{,}5$. После введения аккумулятора в эксплуатацию путем проведения нескольких глубоких разрядов, например, у сотового телефона, концентрация активирующихся ионов у поверхности анода будет существенно выше, чем у поверхности сепаратора стороны анода. В резуль-

тате у поверхности сепаратора со стороны анода будет существовать некоторая область, назовем ее областью загущения, в ней объемная концентрация активирующихся ионов вблизи поверхности сепаратора будет близка к нулю. Эта область и полезна и вредна. Если ее нет, сепаратор может быть поврежден дендритами, аккумулятор выйдет из строя. В процессе эксплуатации толщина области загущения растет, это тот самый процесс старения, упомянутый ранее, емкость аккумулятора уменьшается. При проявлении эффекта памяти крупные кристаллы образуются на границе области загущения, проведением глубоких разрядов эти кристаллы разрушаются, но толщина области загущения не уменьшается. Отсюда вывод: для восстановления емкости надо уменьшать толщину области загущения проведением глубоких слаботочных разрядов. Например, в [3, 4] рекомендуется ток разряда величиной (0,2…0,3) тока нормального разряда. Деактивированные ионы на границе области загущения при циклическом изменении величины напряженности электрического поля активируются, за счет этого толщина области загущения будет уменьшаться, а емкость аккумулятора увеличиваться.

Экспериментально подтверждено восстановление емкости свинцово-кислотных герметизированных, NiCd, NiMH, Li-Ion, Li-Pol аккумуляторов. Свинцово-кислотные стартерные аккумуляторы восстанавливали емкость только при слабой сульфатации пластин.

Ограничение роста емкости можно связать с проявлением необратимых потерь. При проведении экспериментов в обязательном порядке проводилась фиксация полного заряда аккумулятора.

Очень часто для работы устройств используют аккумуляторные батареи, у которых вследствие разброса величины емкости элементов затруднены фиксации полного заряда и полного допустимого разряда. Поэтому решение проблемы восстановления емкости батарей требует других конструкторских и технологических решений.

2. Возможности восстановления емкости аккумуляторных батарей

Элементы аккумуляторной батареи перед началом процедуры восстановления имеют разброс емкости, что часто не позволяет определить момент наступления полной его зарядки, если нет возможности контролировать величину напряжения на его выводах.

У свинцово-кислотных аккумуляторов наступление полной зарядки сопровождается увеличением напряжения на электродах, кипением электролита и прекращением изменения его плотности.

У NiCd аккумуляторов при зарядке постоянным током рост напряжения прекращается, затем наблюдается его спад, его величина может составлять более 10 мВ.

У NiMH аккумуляторов спад напряжения меньше, 3…5 мВ, но со-

провождается увеличением температуры.

У Li-Ion и Li-Pol аккумуляторов внешних признаков нет, надо фиксировать максимальное напряжение на электродах по рекомендациям разработчиков.

В результате можно считать, что при ограничении постоянного напряжения на выводах свинцово-кислотной аккумуляторной батареи в диапазоне 14,5…14,7 В при установившемся минимальном токе все аккумуляторы будут иметь полный заряд.

Герметичные NiCd и NiMH аккумуляторы на практике имеют полный заряд при заряде постоянным током в течении 15…16 часов.

Li-Ion и Li-Pol аккумуляторы в составе батареи могут безопасно получить полный заряд только с помощью схем контроля.

Во всех батареях достижение допустимой величины разряда у каждого аккумулятора можно контролировать только с помощью соответствующих схем.

На практике Li-Ion и Li-Pol аккумуляторные батареи ноутбуков имеют контроллеры, работающие при эксплуатационных зарядных и разрядных токах. Для целей восстановления аккумуляторов батарей таких контроллеров нет.

Чтобы внедрить на практике процедуру восстановления емкости аккумуляторов надо в первую очередь разработать устройства разрядки аккумуляторных элементов в расчете на то, зарядные устройства в большинстве случаев есть.

3. Экологическая и экономическая целесообразность увеличения сроков эксплуатации аккумуляторных батарей

Широкое внедрение предлагаемой технологии, предполагающей усовершенствование зарядных устройств введением в них дополнительной функции восстановления емкости, позволит продлить срок службы аккумуляторной батареи в среднем в 2 раза.

Произведем ориентировочную оценку экономической и экологической эффективности внедрения данной технологии.

3.1. Экономическая оценка

Произведем данную оценку на примере широко используемых свинцово-кислотных автомобильных аккумуляторов. Такую оценку выполним для потребителей.

Из авторитетных источников известно, что в настоящее время число всех видов автомобилей превысило 1 миллиард штук. Учитывая активную работу ведущих автомобильных концернов по разработке и внедрению электро- и гибридных автомобилей, можно ожидать, что количество аккумуляторов будет расти и через 2-3 года удвоится.

Известно, что средний срок службы свинцово-кислотных автомобильных аккумуляторов составляет 3-4 года, а стоимость одного аккумулятора – 40-50 долларов.

Приблизительные совокупные расходы потребителей составят за 3-4 года 40-50 миллиардов долларов. А учитывая устойчивую тенденцию к росту количества аккумуляторов, расходы могут удвоиться, и в год емкость этого рынка будет составлять 25-35 миллиардов долларов.

Увеличение сроков службы аккумуляторов за счет внедрения усовершенствованных зарядных устройств позволит уменьшить расходы потребителей на 12,5-17,5 миллиардов долларов в год.

И эта оценка произведена только применительно к автомобильным аккумуляторам, а учитывая широкое и все возрастающее использование других типов аккумуляторов (переносные и мобильные устройства), можно смело говорить об удвоении размера экономического эффекта.

И даже учитывая некоторое удорожание зарядных устройств с новой функцией, экономических эффект останется весьма значительным.

3.2. Экологическая оценка

В связи с планируемым увеличением сроков службы аккумуляторных батарей за счет предлагаемой технологии вдвое, можно говорить о существенном снижении интенсивности потребления исходного сырья, с одной стороны, и уменьшении, с другой стороны, примерно вдвое объемов утилизируемых материалов.

Ожидаемое снижение потребления исходного сырья (свинца) при рассмотренных выше объемах составит примерно 8-10 млн. тонн в год.

Использованные кислотные аккумуляторы – это один из видов опасных промышленных отходов, который требует специальной переработки. Они содержат в себе особо опасный компонент – серную кислоту, которая способна нанести вред не только окружающей среде, но и прямой вред здоровью человека.

Учитывая современный уровень культуры утилизации аккумуляторов (о многих развивающихся странах их просто выкидывают на ближайшие свалки), загрязнение окружающей среды становится угрожающе опасным. Т.е. кислотные аккумуляторы при неправильной утилизации не только выделяют в атмосферу ядовитые вещества, а и загрязняют почву опасными химическими компонентами, такими как серная кислота и свинец.

Внедрение предлагаемой технологии позволит существенно снизить нагрузку свинцового загрязнения на окружающую среду.

Библиографический список

1. Isidor Buchmann. Аккумуляторы в мире портативных устройств. Руководство по аккумуляторам для неинженеров. Перевод В. Васильева. - Изда-

тельство: CadexElectronics Inc. 2011 г. http://www.ixbt.com/mobile.shtml#accum.

2. 0 необходимости правильного питания или Батарейки и аккумуляторы. Компоненты и технологии, № 3, 2004.

3. Романов В. В., Хашев Ю. М. Химические источники тока. - М.: Сов. радио, 1968. -384 с.

4. Романов В. В., Хашев Ю. М. Химические источники тока. — 2-изд., перераб. и доп. — М.: Сов. радио, 1978. — 264 с, ил.

5. Таганова А. А., Бубнов Ю. И. Диагностика состояния герметичных химических источников тока. // В сб. научн. трудов по химическим источникам тока. Санкт-Петербург. Химиздат. 2004 г. С. 183-189.

6. Таганова А. А., Бубнов Ю. И., Орлов С. Б. Герметичные химические источники тока: Элементы и аккумуляторы. Оборудование для испытаний и эксплуатации: Справочник. - СПб.: ХИМИЗДАТ, 2005. - 264 с., ил.

7. Удалов А. И. Ионная гидродинамическая модель аккумулятора: от модели к технологии восстановления емкости аккумулятора. // INTERMATIC-2014 / Материалы Международной НТК, 1-5 декабря 2014 г. часть 4, 52-56.

8. Удалов А. И, Битюков В. К, Марьин С. В. Ионная гидродинамическая модель аккумуляторов: экспериментальное и физико-химическое обоснование, область применения // INTERMATIC-2012 / Материалы Международной НТК, 4 – 7 декабря 2012 г. – М.: МГТУ МИРЭА, 2012. – часть 4, с. 46-52.

9. Удалов А. И., Битюков В. К., Марьин С. В. Использование ионной гидродинамической модели аккумулятора при диагностике его состояния и прогнозирования возможности восстановления его емкости. // РАДИОИНФОКОМ - 2013 / Материалы 1-ой Международной научно-практической конференции "Актуальные проблемы и перспективы развития радиотехнических и инфокоммуникационных систем" – 28-30 марта 2013 г. – М.: МГТУ МИРЭА, 2013. – с. 79-82.

10. Удалов А. И., Битюков В. К., Марьин С. В. Особенности восстановления емкости герметизированных свинцово-кислотных аккумуляторов.//INTERMATIC-2013 // Материалы Международной научно-практической конференции “Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения”, 2– 6 декабря 2013 г., – М.: МИРЭА, 2013. – С. 52 – 56.

11. Обращение с отработанными химическими источниками тока. http://www.ecoteco.ru/library/magazine/1/technologies/obraschenie-s-otrabotannymi-himicheskimi-istochnikami-toka/

12. Горбунова В.В. Минимизация воздействия отработанных химических источников тока на окружающую среду.// Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. 03.02.08-Экология 05.26.03 - Пожарная и промышленная безопасность. Москва-2011

13. Удалов А.И, Трубицын А.В., Марьин С.В. Повышение уровня экологичности аккумуляторных батарей. // INTERMATIC-2012 / Материалы Международной НТК, часть 4, 4 – 7 декабря 2012 г. – М.: МГТУ МИРЭА, 2012. – часть 4, с. 83-86.

14. Удалов А.И., Трубицын А.В., Марьин СВ. Оценка состояния аккумуляторов мобильных устройств и их влияние на экологическую обстановку. // РАДИОИНФОКОМ - 2013 / Материалы 1-ой Международной научно-практической конференции "Актуальные проблемы и перспективы развития радиотехнических и инфокоммуникационных систем" – 28-30 марта 2013 г. – М.: МГТУ МИРЭА, 2013. – с. 125-127.

УДК 699.84

СИСТЕМА МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ

Кочетов О.С., Трофимов А.В., *МГТУ МИРЭА, Москва, Россия*

В настоящее время актуальным является вопрос создания технических систем, предотвращающих чрезвычайную ситуацию (ЧС) или ее развитие [1,с.42; 2,с.12; 3,с.21; 4,с.13; 14,с.23]. Для защиты зданий и сооружений от взрывных нагрузок разработаны способы, методы и средства защиты [16,с.42; 17,с.12; 18,с.21; 19,с.13; 20,с.12; 21,с.21; 22,с.13]. Для объектов химического и общего машиностроения также имеется арсенал систем безопасности, предотвращающих развитие чрезвычайной ситуации [7,с.22; 8,с.12; 9,с.21; 10,с.13; 11,с.32; 12,с.12; 13,с.21; 15,с.9]. Для доставки лиц, пострадавших в ЧС, разработаны современные средства доставки [5,с.37; 6,с.27].

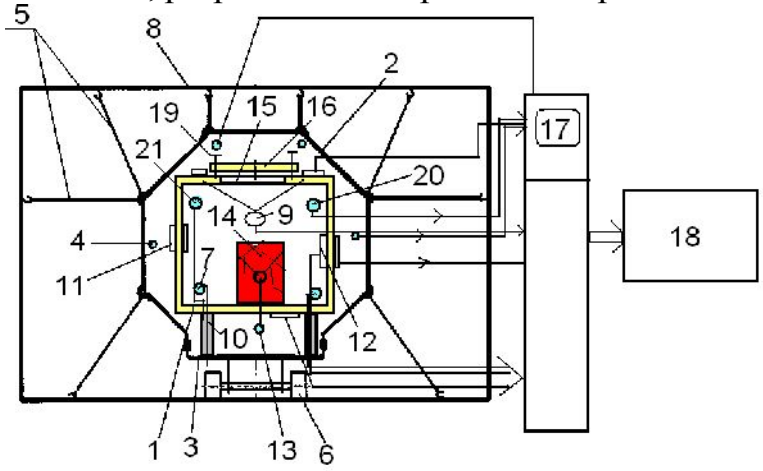


Рис.1. Принципиальная схема системы для моделирования чрезвычайной ситуации при аварии на взрывоопасном объекте.

Однако наиболее актуальным остается вопрос моделирования чрезвычайной ситуации, который позволит разработать оптимальную стратегию поиска технических решений, направленных на защиту объектов от ЧС [4,с.13, 23,24].

На рис.1 представлена система для моделирования чрезвычайной ситуации при аварии на взрывоопасном объекте содержит макет 1 взрывоопасного объекта, с установленным в нем взрывным осколочным элементом 14 с инициатором взрыва 13, защитный чехол 2 и поддон 3, при этом чехол с поддоном представляют собой единую замкнутую конструкцию, образованную вокруг макета 1 взрывоопасного объекта, размещенного в испытательном боксе 8. Кроме того, макет 1 оборудован транспортной 6 и подвесной 5 системами, а защитный чехол 2 выполнен многослойным и состоящим из обращенного внутрь к макету 1 алюминиевого слоя, затем резинового и перкалевого слоев. Подвесная система состоит из комплекта скоб и растяжек 5, размещенных на защитном чехле, а также необходимого количества анкерных крюков (петель) в потолке, стенах и полу испытательного бокса 8. Транспортная система 6 предназначена для удаления разрушенного макета 1 после проведения испытаний из испытательного бокса 8 вместе с защитным чехлом 2.

Транспортная система представляет собой тележку с дышлом. На раме тележки крепятся проставки, на которые устанавливаются и крепятся поддон и макет 1. Подвесная система состоит из комплекта скоб и растяжек, размещенных на защитном чехле, а также необходимого количества анкерных крюков (петель) в потолке, стенах и полу защитного сооружения.

Внутри макета 1 взрывоопасного объекта, по его внутреннему и внешнему периметрам, установлены видеокамеры 7 и 4 видеонаблюдения за процессом развития ЧС, смоделированной посредством взрывного осколочного элемента 14 с инициатором взрыва 13, причем видеокамеры 4 и 7 выполнены во взрывозащитном исполнении, а выходы с видеокамер через внутреннюю полость проставок 10 соединены с блоком 17 записывающей и регистрирующей аппаратуры, выход которого соединен с блоком анализаторов 18 записанных осциллограмм протекающих процессов изменения технологических параметров в макете 1 взрывоопасного объекта. В потолочной части макета 1 выполнен проем 15, который закрыт взрывозащитным элементом 16, установленным по свободной посадке на трех упругих штырях 19, один конец, каждого из которых, жестко вмонтирован в потолок макета 1, а на втором имеется горизонтальная перекладина.

Между взрывным осколочным элементом 14 и проемом 15, выполненным в потолочной части макета 1, и закрытым взрывозащитным элементом 16, по фронту движения взрывной волны установлен трехкоординатный датчик давления 9 во взрывозащитном исполнении, выход которого соединен со входом блока 17 записывающей и регистрирующей аппаратуры. По обе стороны от датчика давления 9 расположены датчики температуры 20 и влажности 21, контролирующие термовлажностный режим в макете 1, выходы которых также соединены со входом блока 17 записывающей и регистрирующей аппаратуры. Внутренние поверхности ограждений макета 1 обклеены тензодатчика-

ми 12 (тензорезисторами), а внешние – тензодатчиками 11, выходы которых также соединены со входом блока 17 записывающей и регистрирующей аппаратуры. Защитный чехол 2 после предварительной примерки и отладки подвесной системы 5 подвязывается к потолку испытательного бокса 8 над макетом 1, поддоном 3 и транспортной системой 6. После проведения подготовительных к подрыву операций с макетом 1 и взрывным осколочным элементом 14 с инициатором взрыва 13, выведения и герметизации коммуникаций и подсоединения соответствующих электрических цепей, чехол монтируется вокруг макетом 1, герметично соединяется с поддоном и растягивается с помощью подвесной системы, образуя замкнутое герметичное пространство (объем) вокруг макета 1.

Система для моделирования чрезвычайной ситуации работает следующим образом. В испытательном боксе 8 устанавливают макет 1 взрывоопасного объекта, а по его внутреннему и внешнему периметрам устанавливают видеокамеры 7 и 4 видеонаблюдения за процессом развития чрезвычайной ситуации при аварии на взрывоопасном объекте, которую моделируют посредством установки в макете 1 взрывного осколочного элемента 14 с инициатором взрыва 13, при этом видеокамеры 4 и 7 выполняют во взрывозащитном исполнении, а выходы с видеокамер через внутреннюю полость проставок 10 соединяют с блоком 17, и производят запись и регистрацию протекающих процессов изменения технологических параметров в макете 1, после чего регистрируют посредством системы анализаторов 18 записанных осциллограмм протекающих процессов изменения технологических параметров в макете 1 взрывоопасного объекта. В потолочной части макета 1 выполняют проем 15, который закрывают взрывозащитным элементом 16, установленным по свободной посадке на трех упругих штырях 19, один конец, каждого из которых, жестко фиксируют в потолке макета 1, а на втором крепят горизонтальную перекладину. Между взрывным осколочным элементом 14 и проемом 15, устанавливают трехкоординатный датчик давления 9 во взрывозащитном исполнении, выход которого соединяют со входом блока 17 записывающей и регистрирующей аппаратуры, а по обе стороны от датчика давления 9 располагают датчики температуры 20 и влажности 21, контролирующие термовлажностный режим в макете 1, выходы которых также соединяют со входом блока 17 записывающей и регистрирующей аппаратуры. Внутренние поверхности ограждений макета 1 обклеивают тензодатчиками 12 (тензорезисторами), а внешние – тензодатчиками 11, выходы которых также соединяют со входом блока 17 записывающей и регистрирующей аппаратуры. После обработки полученных экспериментальных данных формируют информационную базу данных о развитии чрезвычайной ситуации при аварии на взрывоопасном объекте, и составляют математическую модель, прогнозирующую предотвращение чрезвычайной ситуации при аварии на взрывоопасном объекте.

Библиографический список

1. Кочетов О.С., Новиков В.К., Баранов Е.Ф., Маслов И.В. Повышение взрывобезопасности на объектах водного транспорта // Речной транспорт 21 век. № 2, – 2014. С. 40-43.

2. Дурнев Р.А., Кочетов О.С., Поляков И.А. Новые конструкции сейсмостойких зданий и сооружений // Технологии гражданской безопасности. 2014. Том 11, № 4(42). – С. 10–15.

3.Дурнев Р.А., Иванова О.Ю., Кочетов О.С. Система сбрасывания и ликвидации взрывоопасных и токсичных газов // Патент РФ на полезную модель № 134058. Опубликовано 10.11.13. Бюллетень изобретений № 31.

4. Дурнев Р.А., Трофимов А.В., Кочетов О.С. Система для моделирования чрезвычайной ситуации. Патент РФ на полезную модель № 120569. Опубликовано: 27.09.2014. Бюллетень изобретений № 27.

5. Кочетов О.С., Дурнев Р.А., Трофимов А.В. Амфибийное транспортное средство на воздушной подушке для эвакуации пострадавших в ЧС. Наука третьего тысячелетия: сборник статей Международной научно-практической конференции (5 сентября 2014 г., г.Уфа). – Уфа: Аэтерна, 2014.–164с., С. 36-40.

6. Кочетов О.С., Дурнев Р.А., Трофимов А.В. Амфибийный транспортный аппарат для эвакуации пострадавших в чрезвычайных ситуациях регионального масштаба //Эволюция научной мысли: сборник статей Международной научно-практической конференции (3октября 2014 г., г.Уфа). – Уфа: Аэтерна, 2014.–118 с. С. 22-29.

7. Кочетов О.С., Баранов Е.Ф., Панарин Т.В., Гетия И.Г., Гетия С.И., Панферова Г.Н., Леонтьева И.Н. Предохранительный клапан с разрывным элементом // Патент РФ на изобретение № 2379569. Опубликовано 10.01.2010. Бюллетень изобретений № 1.

8. Кочетов О.С., Баранов Е.Ф., Панарин Т.В., Гетия И.Г., Гетия С.И., Панферова Г.Н., Леонтьева И.Н. Взрывозащитный клапан // Патент РФ на изобретение № 2379569. Опубликовано 20.01.2010. Бюллетень изобретений № 2.

9. Кочетов О.С. Клапан с огнепреградителем // Патент РФ на изобретение № 2384783. Опубликовано 20.03.2010. Бюллетень изобретений № 8.

10. Кочетов О.С., Баранов Е.Ф., Кривченко Л.М., Скребенкова Л.Н., Шумилин В.К. Кассетный огнепреградитель // Патент РФ на изобретение №2386462. Опубликовано 20.04.2010. Бюллетень изобретений № 11.

11. Кочетов О.С. Насадочный огнепреградитель // Патент РФ на изобретение № 2389522. Опубликовано 20.05.2010. Бюллетень изобретений № 14.

12. Кочетов О.С. Сухой огнепреградитель // Патент РФ на изобретение № 2389523. Опубликовано 20.05.2010. Бюллетень изобретений № 14.

13. Кочетов О.С., Баранов Е.Ф., Кривченко Л.М., Скребенкова Л.Н.,

Шумилин В.К. Кассетный огнепреградитель с радиальными каналами // Патент РФ на изобретение № 2401676. Опубликовано 20.10.2010. Бюллетень изобретений № 29.

14. Кочетов О.С., Гетия И.Г., Гетия С.И., Леонтьева И.Н. Система сбрасывания и ликвидации взрывоопасных и токсичных газов // Патент РФ на изобретение № 2422177. Опубликовано 27.06.2011. Бюллетень изобретений № 18.

15. Кочетов О.С., Гетия И.Г., Гетия С.И., Леонтьева И.Н., Стареева М.О. Взрывозащитный клапан для технологического оборудования // Патент РФ на изобретение № 2442052. Опубликовано 10.02.2012. Бюллетень изобретений № 4.

16. Кочетов О.С., Стареева М.О. Противовзрывная панель // Патент РФ на изобретение № 2458212. Опубликовано 10.08.2012. Бюллетень изобретений № 22.

17. Сошенко М.В., Шмырев В.И., Стареева М.О., Кочетов О.С. Устройство для защиты зданий и сооружений с помощью разрушающихся элементов конструкций // Патент РФ на изобретение № 2458213. Опубликовано 10.08.2012. Бюллетень изобретений № 22.

18. Кочетов О.С., Стареева М.О. Способ подбора размера отверстия для легкосбрасываемого элемента конструкции и его массы, предназначенного для защиты зданий и сооружений от взрывов // Патент РФ на изобретение №2459050. Опубликовано 20.08.2012. Бюллетень изобретений № 23.

19. Кочетов О.С., Акатьев В.И., Сошенко М.В., Шмырев В.И., Тюрин М.П., Стареева М.О. Предохранительная разрушающаяся конструкция ограждения зданий // Патент РФ на изобретение № 2459912. Опубликовано 27.08.2012. Бюллетень изобретений № 24.

20. Сошенко М.В., Шмырев В.И., Стареева М.О., Кочетов О.С. Способ взрывозащиты производственных зданий // Патент РФ на изобретение №2471936. Опубликовано 10.01.2013. Бюллетень изобретений № 1.

21. Кочетов О.С., Стареева М.О., Стареева М.М. Взрывозащитный клапан для технологического оборудования // Патент РФ на изобретение №2495313. Опубликовано 10.10.2013. Бюллетень изобретений № 28.

22. Кочетов О.С. Способ определения эффективности взрывозащиты и устройство для его осуществления // Патент РФ на изобретение № 2488074. Опубликовано 20.07.13. Бюллетень изобретений № 20.

23. Дурнев Р.А., Трофимов А.В., Кочетов О.С. Способ прогнозирования развития чрезвычайной ситуации при аварии на взрывоопасном объекте. Патент РФ на изобретение №2511505. Опубликовано: 10.04.2014. Бюллетень изобретений № 10.

24. Трофимов А.В., Кочетов О.С., Тараканов А.Ю. Стенд для моделирования чрезвычайной ситуации. Патент РФ на полезную модель № 141274. Опубликовано: 27.05.2014. Бюллетень изобретений № 15.

УДК 355.716

ПАЛАТОЧНЫЙ ГОРОДОК С СИСТЕМОЙ ВОЗДУШНОГО ОТОПЛЕНИЯ

Трофимов А.В., Кочетов О.С., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

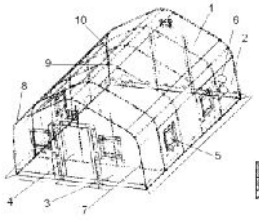
В настоящее время актуальным является вопрос создания технических средств для оперативной доставки лиц, пострадавших в ЧС [1,с.37; 2,с.27], а также их размещения в пунктах временного размещения, оснащенных палаточными городками с системами жизнеобеспечения [3,с.17; 4,с.24].

На фиг.1 представлена схема палатки в сборе, в изометрической проекции, на фиг.2 – структура многослойного материала, обеспечивающего высокие теплоизоляционные свойства объекта и маскировку от обнаружения детекторами инфракрасного излучения; на фиг.3 показано изменение отражательной способности многослойного материала по сравнению с обычным материалом тканевого тента; на фиг.4 представлена зависимость проводимости полиамидной ткани арт. 5369 от времени напыления на него металла, на фиг.5 представлена схема палаточного городка с системой воздушного отопления для временного проживания людей в экстремальных условиях в аксонометрической проекции, на фиг.6 – общий вид палаточного городка с разводкой каналов вентиляционно-отопительной системы, на фиг.7 – общий вид вентиляционно-отопительного модуля системы, на фиг.8 – общий вид подводящего и отводящего патрубков внутри каждой из палаток, на фиг.9 – общий вид системы раздачи подогретого кондиционного воздуха, установленной под потолком, с закрепленными на ней светильниками.

Палаточный городок (фиг.6) с системой воздушного отопления для временного проживания людей в экстремальных условиях [10,11,12,13,14], состоит из централизованной системы воздушного отопления с вентиляционно-отопительным модулем 14, соединенным каналами с рядами палаток 20. Система воздушного отопления включает в себя вентиляционно-отопительный модуль 14 системы, имеющей два центральных канала, расположенных между рядами палаток 20 палаточного городка, причем один из них, нижний 15 является отводящим, а второй, верхний 17 – подводящим каналами, при этом нижний канал 15 снабжен патрубком 16, входящим в каждую палатку, а верхний, подводящий канал 17 дополнительно снабжен крестовиной 18 для соединения с устройством 19 раздачи подогретого кондиционного воздуха, установленного под потолком каждой палатки [7,8,9], с закрепленными на ней светильниками.

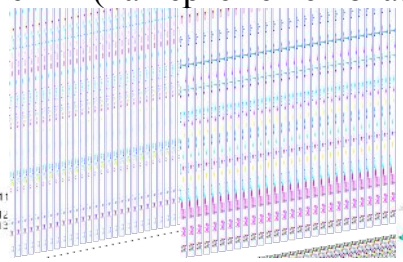
Каждая из палаток [5,6] палаточного городка для временного проживания людей в экстремальных условиях (фиг.1) содержит крышу 1, боковую стенку 2, пол 3, дверь 4, окна 5, вентиляционные отверстия 6. Каркас палатки

включает прямые трубчатые стойки 7, соединительные дуги 8 с одним или двумя боковыми отводами 9 и продольные стойки 10. Отверстие для печной трубы и гнезда в полу для фиксации нижних торцов стоек каркаса (или дополнительные продольные и поперечные связи) на чертежах не показаны. При необходимости, для большей ветровой устойчивости палатка может быть дополнительно снабжена канатными растяжками, традиционно используемыми для подобных сооружений (на чертеже не показано).

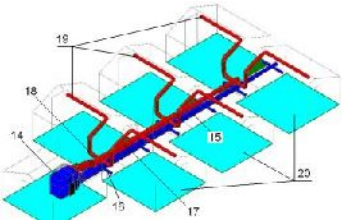


Фиг.1

Фиг.2



Фиг.3 Фиг.4



Фиг.5

Следует отметить, что преимуществами палатки является скругленная форма каркаса палатки, что не позволяет дождевой воде или снегу скапливаться на крыше палатки, что неизбежно привело бы к разрушению конструкции. У палаток с ломаной формой каркаса в месте сопряжения крыши и боковой стенки на полотнище крыши неизбежно остается углубление, в котором начинает накапливаться вода. Чем больше воды, тем больше провисает тент на крыше и тем больше в него снова наливается воды до тех пор, пока не происходит разрушение каркаса.

Тентовый материал палатки (фиг.2) выполнен в виде многослойного материала, ослабляющего тепловое излучение биологического объекта и отражающего инфракрасное излучение. Структура многослойного материала, представлена следующими слоями (фиг.2): 1 - полиэфирный текстильный материал с водоотталкивающей пропиткой обеспечивает защиту биологического объекта от осадков в виде дождя и снега и сохранение высоких эксплуатационных свойств материалу в любых погодных условиях. 2 - микропористый мембранный слой выполнен из термопластичной полиуретановой смолы, с размером пор $1{,}3\text{-}1{,}6\cdot10^{-6}$ м, обладает высокими адгезионными свойствами к текстильному материалу, обеспечивает надежное соединение металлизированного слоя с текстильной основой. 3 - металлизированный слой выполнен из нитрида титана и нанесен на материал со стороны термопластичной полиуретановой смолы на атомарно-молекулярном уровне в количестве 1-2 г/м^2, толщиной до 100 нм, обеспечивает теплоизоляцию и существенно ослабляет теплоотдачу и способствует отражению инфракрасного излучения заявляемого материала.

Многослойный материал благодаря такой структуре хорошо драпируется, обладает водоотталкивающими, паропроницаемыми и теплозащит-

ными свойствами, является теплоизолятором, отражает инфракрасное излучение и в случае применения текстильной основы с камуфлирующим рисунком обеспечивает визуальный камуфляж объекта. Кроме того, проводилось исследование отражающей способности изготовленного многослойного материала на спектрофотометре Spekol-11. На фиг.3 представлены данные, подтверждающие существенное увеличение спектрального коэффициента отражения заявляемого материала (на фиг.3 обозначенного графиком 1) по сравнению с материалом, арт. 80406, «Габарит», волокнистого состава 100% ПЭ (полиэфир), поверхностной плотности 220 г/м^2, производитель «Чайковский текстиль», взятым для сравнения (на фиг.3 обозначенного графиком 2).

Фиг.6

Фиг.7

Фиг.8

Фиг.9

Пример 2. На изнаночную сторону текстильного материала арт. 3456 волокнистого состава 100% ПЭ (полиэфир), поверхностной плотности 265 г/м^2, предназначенного для изготовления мобильных укрытий, согласно примеру 1, нанесен пористый слой полиуретановой смолы толщиной 0,02 мм и размером пор $1{,}57 \cdot 10^{-6}$ м и тонкий слой нитрида титана в количестве 2 г/м^2, толщиной слоя 90 нм. Для испытания материала на отражающую способность использовался тепловизор FLIR 15 (инфракрасная камера) - оптико-электронный измерительный прибор, работающий в инфракрасной области электромагнитного спектра. Фиксировалась температура поверхности теплоизлучающего объекта (человека), покрытого многослойным материалом. Исследования проводились в закрытом помещении при температуре окружающей среды +22°С. Тепловизор регистрировал на поверхности исследуемого объекта температурные точки, не превышающие +24°С.

Библиографический список

1. Кочетов О.С., Дурнев Р.А., Трофимов А.В. Амфибийное транспортное средство на воздушной подушке для эвакуации пострадавших в ЧС. Наука третьего тысячелетия: сборник статей Международной научно-практической конференции (5 сентября 2014 г., г.Уфа). – Уфа: Аэтерна, 2014.–164с., С. 36-40.

2. Кочетов О.С., Дурнев Р.А., Трофимов А.В. Амфибийный транспортный аппарат для эвакуации пострадавших в чрезвычайных ситуациях регионального масштаба //Эволюция научной мысли: сборник статей

Международной научно-практической конференции (3 октября 2014 г., г.Уфа). – Уфа: Аэтерна, 2014.–118 с. С. 22-29.

3. Трофимов А.В., Кочетов О.С. Палаточный городок с системой воздушного отопления для временного проживания людей в экстремальных условиях. Патент РФ на полезную модель № 129971. Опубликовано: 10.07.2013. Бюллетень изобретений № 19.

4. Трофимов А.В., Кочетов О.С. Палаточный городок с системой воздушного отопления для временного проживания людей в экстремальных условиях. Патент РФ на полезную модель № 148654. Опубликовано: 10.12.2014. Бюллетень изобретений № 34.

5. Трофимов А.В., Кочетов О.С. Палатка для временного проживания людей в полевых условиях. Патент РФ на полезную модель № 126039. Опубликовано: 20.03.2013. Бюллетень изобретений № 8.

6. Трофимов А.В., Кочетов О.С. Палатка для временного проживания людей в экстремальных условиях. Патент РФ на полезную модель №126040. Опубликовано:20.03.2013. Бюллетень изобретений №8.

7. Дурнев Р.А., Трофимов А.В. Система выбора рационального средства проживания в пунктах временного размещения населения, пострадавшего от аварий, катастроф и стихийных бедствий. Патент РФ на полезную модель № 120801. Опубликовано: 27.09.2012. Бюллетень изобретений № 27.

8. Дурнев Р.А., Трофимов А.В., Кочетов О.С. Система выбора рационального средства проживания в пунктах временного размещения населения, пострадавшего от аварий, катастроф и стихийных бедствий. Патент РФ на полезную модель № 125834. Опубликовано: 20.03.2013. Бюллетень изобретений № 8.

9. Трофимов А.В., Кочетов О.С. Система выбора рационального средства проживания в пунктах временного размещения населения, пострадавшего от аварий, катастроф и стихийных бедствий. Патент РФ на полезную модель № 127981. Опубликовано: 10.05.2013. Бюллетень изобретений № 13.

10. Трофимов А.В., Кочетов О.С. Амфибийный транспортный аппарат для эвакуации пострадавших в чрезвычайных ситуациях регионального масштаба. Патент РФ на полезную модель № 123741. Опубликовано: 10.01.2013. Бюллетень изобретений № 1.

11. Трофимов А.В., Кочетов О.С. Амфибийное транспортное средство на воздушной подушке для эвакуации пострадавших в чрезвычайных ситуациях. Патент РФ на полезную модель № 123742. Опубликовано: 10.01.2013. Бюллетень изобретений № 1.

12. Трофимов А.В., Кочетов О.С. Комфортабельное спасательное судно на воздушной подушке для мобильной доставки пострадавших и грузов из районов чрезвычайных ситуаций в пункты временного размещения. Патент РФ на полезную модель № 126295. Опубликовано: 27.03.2013. Бюллетень изобретений № 9.

13. Трофимов А.В., Кочетов О.С., Щеголькова В.В. Амфибийный транспортный аппарат для эвакуации пострадавших в чрезвычайных ситуациях регионального масштаба. Патент РФ на полезную модель № 135297. Опубликовано: 10.12.2013. Бюллетень изобретений № 34.

14. Трофимов А.В., Кочетов О.С. Амфибийный транспортный аппарат для эвакуации пострадавших в чрезвычайных ситуациях регионального масштаба. Патент РФ на полезную модель № 149092. Опубликовано: 20.12.2014. Бюллетень изобретений № 35.

УДК 007.057

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО МОНИТОРИНГА ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ КАТАСТРОФ

Корнейчук Е.Ю., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Введение

В настоящее время наблюдается заметное увеличение количества опасных природных и техногенных явлений, причём размеры связанных с ними катастроф постоянно растут.

Объекты чрезвычайных ситуаций (ЧС), учитывая характер их физического существа, подразделяются на природные, природно-техногенные и техногенные (см. рис. 1). Условность данной классификации связана с тем, что современные экзодинамические процессы во многом обусловлены (спровоцированы) человеком и не имеют чисто естественного происхождения.

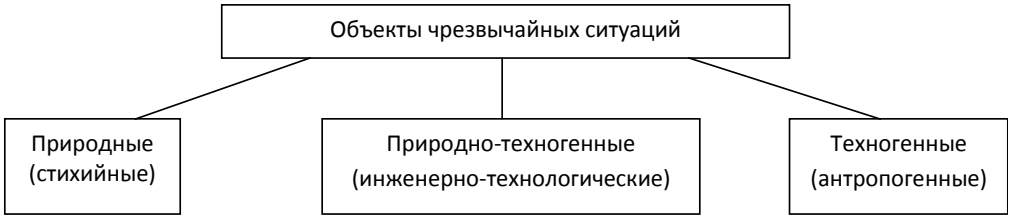


Рисунок 1 - Классификация объектов чрезвычайных ситуаций

На территориях интенсивного хозяйственного освоения и крупных городов широкое распространение имеют виды опасностей, получивших название природно-техногенных и техногенных. Появление таких процессов связано с интенсивным антропогенным воздействием на окружающую среду. Среди природно-техногенных процессов наибольшую опасность

представляют наведенная сейсмичность, опускание территорий, карстово-суффозионные провалы, техногенные геофизические поля.

Техногенной катастрофой принято называть катаклизм, вызванный аномалиями технических систем [1]. Основное значение имеет человеческий фактор и социальные причины. К ЧС техногенного характера относятся: затопления, пожары, взрывы, проливы нефтяных продуктов на суше и акваториях; выбросы газообразных продуктов в атмосферу в результате работы промышленных предприятий; загрязнение атмосферы при работе авиационных двигателей и запусках ракет; техногенное загрязнение сельскохозяйственных угодий, водоемов, городских территорий и др.

Общей характерной особенностью природных, техногенных и экологических опасностей и угроз на современном этапе является их взаимосвязанный комплексный характер, выражающийся в том, что одно возникающее бедствие может вызывать целую цепочку других порою более катастрофических процессов.

Характерными признаками рассматриваемых ЧС являются, в частности, измерения отражательной и излучающей способности наблюдаемой земной поверхности, свойств радиосигналов при прохождении их через слои ионосферы. Эти признаки хорошо определяются и регистрируются спутниковыми средствами с помощью оптико-электронной аппаратуры видимого и инфракрасного диапазонов, а также радиолокационной и радиометрической аппаратуры.

1. Используемые целевые средства КС ДЗЗ

На сегодняшний день необходим поиск новых подходов к мониторингу ЧС, выявлению предвестников и прогнозированию крупномасштабных природных, природно-техногенных и техногенных катастроф.

Существенную роль в решении этой задачи могут сыграть космические системы предупреждения о ЧС и обеспечения ликвидации их последствий. Современные целевые средства космических систем ДЗЗ обладают целым рядом уникальных свойств, обуславливающих высокую эффективность их применения, таких, как глобальность наблюдения, возможность оперативной и своевременной передачи информации.

Для повышения оперативности получения информации ДЗЗ и улучшения качества прогноза стихийных бедствий и катастроф предлагается в состав комплекса целевой аппаратуры включать одновременно с широкозахватной панхроматической и многозональной съемочной аппаратурой видимого и ближнего ИК-диапазонов гиперспектральную аппаратуру и ИК-аппаратуру теплового диапазона [2]. Такой комплексированный многоаппаратурный комплекс ввиду большого потока получающейся на выходе от съёмочной аппаратуры первичной информации предъявляет высокие

требования к быстродействию бортовой информационной системы, предназначенной для сбора, накопления и передачи на Землю получаемой целевой информации.

В работе [2] анализируется величины потоков информации, поступающей от съемочной аппаратуры и передаваемой на Землю при съемке с КА ДЗЗ, и получены следующие рекомендации по выбору накопительно-скоростных характеристик и режимов работ бортовой информационной системы (БИС) КА ДЗЗ: скорость сброса целевой информации составляет не менее 800 Мбит/с. Такие скорости реализованы на ряде зарубежных КА, например, WorldView-2 (США), ALOS (Япония). Российскими разработчиками БИС хорошо освоены радиолинии со скоростью передачи до 300 Мбит/с и существует высокая готовность к созданию радиолиний со скоростью 600Мбит/с. Определена требуемая емкость запоминающего устройства БИС – не менее 3,5 Тбит.

В интересах обеспечения оперативного космического глобального, регионального и локального экологического мониторинга и систем космического землеобзора в интересах оперативного обнаружения предвестников природных и техногенных катастроф, а также прогнозирования и оценки их последствий не случайно в центрах NASA (США) и в центрах по исследованию климата и катастроф Японии, Китая, ЕС и др. центрах с 2004 года запустили самые мощные параллельные суперкомпьютеры.

На сегодняшний день при реализации различных международных проектов [3] для обработки данных ДЗЗ широко используются грид-технологии и суперкомпьютеры, обладающие перспективными и огромными функциональными возможностями. Созданные на их основе аппаратно-программные комплексы (с пиковой производительностью кластеров без учета ускорения с помощью графических процессоров – не менее 3,0 Тфлопс) позволяют эффективно решать различные геоинформационные задачи [4].

2. Пути реализации оперативного мониторинга

Одним из возможных вариантов реализации оперативного мониторинга является осуществление процесса распознавания ЧС непосредственно на борту КА, при этом на Землю передается только результирующая информация. Необходимость обработки снимков ДЗЗ на борту КА также обусловлена трудностями, связанными с передачей цифровой информации ДЗЗ с борта по каналам связи на Землю и искажениями информации при сжатии и прохождении по каналам связи. Современный уровень развития информационных технологий позволяет реализовать обработку снимков на борту КА.

На основе оперативной космической информации проводится оценка обстановки в районах ЧС, состояния потенциально опасных объектов и территорий; мониторинг природных пожаров; ЧС, связанных с паводко-

выми явлениями, наводнениями; оценка масштабов аварийных разливов нефтепродуктов и динамика их распространения; поиск «аварийных объектов» на труднодоступной местности (акваториях) и др.

В экстремальных условиях катастрофы время для принятия решения всегда ограничено и, следовательно, необходимы модели развития ЧС, дающие не только полную информацию о происходящих процессах, но и прогнозирующие изменения состояния окружающей среды в режиме реального времени развития катастрофы.

3. Ожидаемый эффект от использования средств мониторинга

Значительная часть всех происходящих техногенных катастроф непосредственно связана с предшествующим негативным воздействием на критически важный объект какого-либо природного характера: подтопления, лесных и степных пожаров, землетрясения или другого рода тектоно-геологического процесса. Для предотвращения возможных аварийных ситуаций на критически важных объектах необходимо контролировать обстановку и проводить оценку вероятности воздействия на такие объекты неблагоприятных природных факторов, способных спровоцировать возникновение ЧС.

Конечной целью оперативного мониторинга природных и техногенных катастроф является предупреждение ЧС и снижение ущерба от них. Вопрос предсказуемости аномальных природных событий с каждым годом вызывает возрастающий интерес специалистов различных научных направлений, поскольку слишком большие экономические и человеческие потери возникают при неожиданном возникновении чрезвычайных ситуаций [5].

Заключение

Как показывает анализ, для оперативного мониторинга природных и техногенных катастроф необходимо широкое использование комплексирования данных целевых средств ДЗЗ различной физической природы, компьютерного моделирования и новых информационных технологий, реализуемых на базе суперкомпьютеров. Одним из важнейших направлений увеличения оперативности мониторинга природных и техногенных катастроф является осуществление процесса распознавания ЧС непосредственно на борту КА.

Библиографический список

1. Лаверов Н.П. Природные и техногенные катастрофы - новые вызовы и угрозы устойчивому развитию. Журнал "Право и безопасность". Номер - 4 (37), Декабрь 2010

2. Моделирование и выбор характеристик бортовой информационной системы КА ДЗЗ, оснащенного различной съемочной аппаратурой среднего разрешения. О.В. Михеев, В.М. Судаков. Исследование Земли из космоса, 2014, № 3, с.90-96

3. Куссуль Н.Н. Grid-системы для задач исследования Земли / Н.Н. Куссуль, А.Ю. Шелестов. – Киев: Наук. Думка, 2008. – 443 с.

4. Парамонов Н.Н., Парамонова Н.И., Чиж О.П. Аппаратно-программный комплекс обработки и предоставления данных дистанционного зондирования Земли на базе суперкомпьютеров и грид-технологий. Шестой Белорусский космический конгресс, 28-20 октября 2014 г., Минск: материалы конгресса : в 2 т. – Минск: ОИПИ НАН Беларуси, 2014. – Т.1. – с. 238-241.

5. Бондур В.Г., Крапивин В.Ф., Савиных В.П. Мониторинг и прогнозирование природных катастроф. – М.: Научный мир, 2009. – 696 с.: ил. + 22 с. цв. ил.

УДК 534.014

ПРИМЕНЕНИЕ АКУСТИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ В ПРИРОДООХРАННЫХ И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЯХ.

Абросимов И.Н., Николаев П.Н., Абросимов М.И.
МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Природоохранные и ресурсосберегающие технологии относятся к области техносферной безопасности. Техносферная безопасность посвящена минимизации техногенного воздействия на природную среду, обеспечению комфортного существования человека и его безопасности от техногенных и стихийных природных факторов. К таким факторам относятся состояние атмосферы, гидросферы и литосферы.

Активная деятельность человека приводит к загрязнению атмосферы и гидросферы, а также может нарушать устойчивое состояние литосферы. Последнее связано с нарастающими объемами добычи полезных ископаемых, потреблением поверхностных и подземных вод и возрастанием акустического и электромагнитного фона, связанного с широким применением технических и информационных систем. Кроме вышеуказанных факторов, на комфортное существование человека могут оказывать негативное влияние радиационное излучение различной физической природы. К таким радиационным воздействиям могут относиться электромагнитные и акустические колебания, совпадающие с биоритмами. Эти колебания в одних случаях могут быть позитивными факторами, а в других – негативными. В данной работе рассматривается роль акустических колебаний в природоохранной и техногенной деятельности человека.

Акустические колебания распространяются только в упругих средах,

которыми являются газы, жидкости и твердые тела. Соответственно, акустические колебания являются важным фактором изучения различных упругих материалов и используются при исследованиях физических явлений в атмосфере, гидросфере и литосфере. Акустические колебания имеют наилучшие условия распространения в жидких и твердых средах, в которых потери энергии меньше, чем в газах. Основными пространственно-временными параметрами акустических колебаний являются: амплитуда, частота, вектор смещений. Фазовая скорость акустических колебаний в разных упругих средах различна и является важным информационным параметром физических свойств этих сред. Акустические колебания могут распространяться в виде продольных, поперечных, поверхностных волн в диапазоне от инфранизких до гиперзвуковых частот. Акустические колебания применяются для решения технологических, метрологических, медицинских, экологических, информационных задач.

Лучше исследованы свойства линейных акустических колебаний в стационарных однородных упругих средах с изотропными и анизотропными свойствами. Но большие возможности открываются при использовании нелинейных акустических колебаний. Нелинейные колебания определяются уровнем интенсивности или акустического давления в упругой среде, которое приводит к обратимым или необратимым изменениям самой упругой среды. Нелинейные акустические колебания в частности могут быть использованы для компенсации акустических шумов.

Негативным фактором большинства технических систем являются акустические шумы, которые могут иметь аэродинамическую, гидродинамическую, трибологическую природу. Основными источниками акустических шумов, распространяющихся в атмосфере и гидросфере, являются механические объекты с кинематикой вращения и поступательного перемещения, к которым относятся транспорт и промышленное оборудование различного назначения. В результате трибологического трения этими устройствами создаются акустические шумы с широким спектром частот. Отдельные частоты шумового спектра могут совпадать с резонансными частотами органов человека, значения которых приведены в таблице.

Таблица 7

Резонансные частоты отдельных органов человека.

Орган	Частота, Гц
Голова	30
Грудная клетка	60
Позвоночный столб	8
Брюшная полость	4-8
Таз	4-6

На Рис.1 показан спектр шумов токарного станка, низкочастотный диапазон которых может быть вреден для здоровья человека.

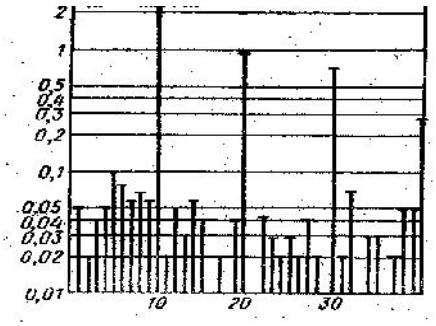


Рис. 1

В водной среде источником трибологических шумов является речные и морские суда. Шумы различных механизмов судна передаются на вал корабля и излучаются в воду. Хорошие условия распространения акустических колебаний в воде позволяют создать по акустическому шумовому спектру диагностический паспорт надводного или подводного судна. Одним из решений уменьшения трибологических шумов является создание вибрационных подшипников на частотах колебаний, лежащих вне пределов слухового восприятия человека, [1]. На Рис.2а приведено осесимметричное распределение вибраций, совпадающих с осевой симметрией кинематической пары. Рис.2б иллюстрирует длительность контактирования цилиндрических поверхностей по отношению к периоду вибраций.

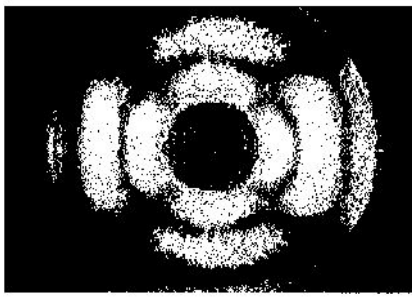


Рис. 2а

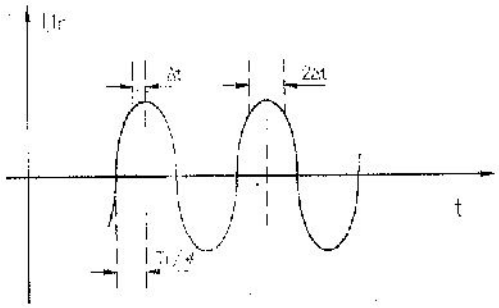


Рис. 2б

В указанных вибрационных подвесах вместо постоянного взаимодействия цилиндрических поверхностей вала и отверстия осуществляется их циклическое контактирование. Дискретный механизм контактирования уменьшает трение и соответственно, уровень трибологических шумов, а также меняет их шумовой спектр.

Вибрационное контактирование соприкасающихся цилиндрических поверхностей осуществляется только в фазе сжатия гармонических колебаний, в момент совпадения осей симметрии ротора и коаксиальной опоры. Па-

раметрами вибрационного взаимодействия цилиндрических поверхностей являются коэффициент перегрузки $K=a_r/g$, равный отношению радиального ускорения вибраций a_r к земному g, и время контактирования поверхностей Δt. Длительность взаимодействия Δt и значение коэффициента перегрузки K зависят от частоты и амплитуды ультразвуковых колебаний.

Важной задачей природоохранных технологий является исследование состава атмосферы и гидросферы. Воздушная среда атмосферы имеет разнообразный газовый состав, основными компонентами которого являются азот, кислород и аргон. Указанные газы растворяются в воде и устойчиво содержатся в ней в очень малых концентрациях. При нормальных условиях концентрация растворенных газов в жидкостях составляет десятые доли процента. Так в литре чистой воды при нормальных условиях содержатся несколько миллилитров растворенных газов. Если нормальные условия нарушаются, то концентрация газов изменяется. Наибольшим изменениям подвергаются каталитически активные составляющие газового комплекса, к которым относятся разновидности кислорода O_1, O_2, O_3. Уменьшение концентрации растворенного кислорода может возникать в технических системах водоснабжения и природных водоемах.

Уменьшение растворенного кислорода в воде получило название гипоксия воды. Она является наиболее опасным фактором для жизнедеятельности биологических видов, обитающих в водной среде и может являться одной из причин неадекватного поведения морских животных, часто приводящих к их гибели. Это явление в какой-то степени созвучно с уменьшением концентрации кислорода в воздухе высокогорных местностей. Гипоксия также является сигналом о неблагополучном состоянии воды в системах водоснабжения и водоемах.

Акустические колебания в водной среде приводят к физическим и химическим эффектам. Интересным физическим процессом является сонолюминесценция воды, в результате воздействия акустических колебаний. Явление сонолюминесценции было открыто в 1934 г. Френцелем и Шультссом. Также открытие сонолюминесценции приписывают Мариеску и Трилату, которые обнаружили этот эффект по потемнению фотопластинок под воздействием ультразвука. С помощью фотопластинок ранее было открыто рентгеновское излучение при электрическом разряде.

Исследования сонолюминесценции при непрерывном и радиоимпульсном возбуждении воды ультразвуковыми колебаниями выявило монотонный рост интенсивности свечения до максимального значения, [2]. После прохождения максимума свечения наблюдался монотонный спад световых характеристик, завершающийся прекращением свечения. Уровень свечения характеризовал концентрацию газов в воде.

В радиоимпульсном режиме возбуждения воды по параметрам дли-

тельности и скважности сонолюминесцентного излучения исследовались релаксационные процессы. На Рис.3а приведена диаграмма временных характеристик: длительности $t_и$ и скважности $T/t_и$, которые измерялись при постоянных значениях ультразвуковых колебаний. На Рис.3б показана схема образования поведения растворенных газовых пузырьков под воздействием ультразвука. Следовательно, ультразвук является перспективным решением многих технологических задач.

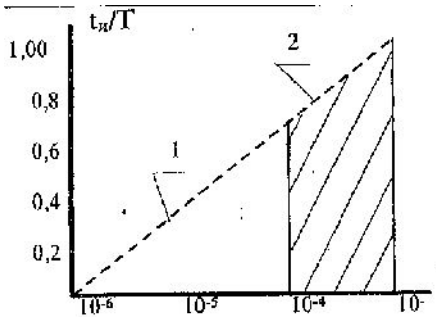


Рис. 3а

Рис. 3б

В некоторых химических реакциях интенсивные ультразвуковые колебания увеличивают реакционную способность веществ и являются катализатором, ускоряющим интенсивность реакции.

На рис.4 показана временная зависимость изменения активности электрохимической реакции при воздействии ультразвуковых колебаний.

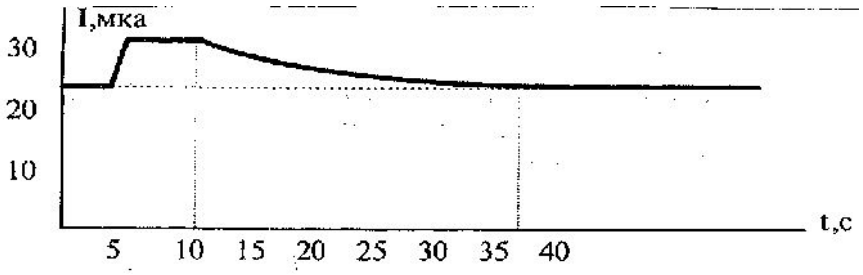


Рис. 4

Длительность релаксационной характеристики указывает, что электрохимическая среда сохраняет длительное время отклик на воздействие ультразвука. Этот пример указывает на ресурсосберегающие возможности акустических колебаний в электрохимических технологиях.

Библиографический список

1. Абросимов И.Н., Абросимов Н.И., Башкатов И.П., Точинский Е.Г.

Центрирование вала на осесимметричных модах акустических колебаний. Научные труды 10 Международной научно-практической конфе-

ренции «Фундаментальные и прикладные проблемы приборостроения, информатики и экономики». 2007 г.

2. М.И. Абросимов, И.Б. Есипов Гашение сонолюминесценции при возникновении звукогидродинамических автоколебаний на поверхности воды. Сборник трудов 4-й сессии Российского акустического общества «Акустика на пороге 21 века» 1997 г.

УДК. 621.31:613.5:643/645:502/504:624:614.7

ПОКАЗАТЕЛИ И КРИТЕРИИ КОМФОРТНЫХ И ДОПУСТИМЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ УСЛОВИЙ В «ЗЕЛЕНЫХ» ДОМАХ

[1]Рябов Ю.Г., [2]Трубицын А.В., [2]Розанов В.С., [3]Ломаев Г.В. [4]Ермаков К.В.,
[2]МГТУ МИРЭА, Москва, Россия,[3]ИжГТУ, Ижевск, Россия,
[4]ООО «Энергодиагностика», Москва, Россия

Рассматривается проблема обеспечения комфортных электромагнитных условий в «зелёных» домах. По результатам анализа реальных условий в среде обитания предложен комплекс показателей и критериев комфортных, допустимых и безопасных значений интенсивностей электромагнитных полей естественного и искусственного происхождения. Намечены пути решения проблемы.

Одним из аспектов создания комфорта в «зеленых» домах является необходимость обеспечения комфортных электромагнитных условий (КЭУ) среды обитания внутри помещений. На сегодня в реальных условиях ЖКХ задача обеспечения электромагнитного комфорта в жилых помещениях, к сожалению, не ставилась вообще.

Однако, с позиции сегодняшней науки и представлений об экологически безупречном жилище не ставить эту задачу и не намечать пути ее решения сейчас уже не допустимо. Это является чрезвычайно важным по следующим причинам:

1. Дефицит и искажение естественных электромагнитных полей внутри помещений, связанные с применением в современных несущих конструкциях, перекрытиях и отделочных материалах жилых зданий материалов, экранирующих и искажающих естественный электромагнитный фон.

2. Постоянно растущим уровнем оснащения квартир и частных домов электробытовыми средствами и радиоприборами и, как следствие, существенным ростом техногенного электромагнитного загрязнения внутри жилых помещений.

3. Необходимость обеспечения защиты «зеленого жилища» от внешних

неблагоприятных электромагнитных воздействующих факторов естественного и искусственного происхождения (избыточной интенсивности внешних по отношению к жилищу техногенных ЭМП и неблагоприятных вариаций естественного электромагнитного фона, например, магнитных бурь) [1,3].

Среди специалистов существуют различия и корпоративные подходы в понимании показателей и критериев электромагнитных полей (ЭМП), соответствующих безопасным, допустимым и комфортным условиям жизнедеятельности. В существующих СанПиН РФ приведены нормы безопасности (компилированные в ПУЭ и СНиП), определяемые уровнями ЭМП в частотных диапазонах 0 – 300ГГц, рассчитанные на воздействие одной или нескольких частот в одном диапазоне, но только строго синусоидального вида (без гармоник), без учета влияния структуры ЭМП и действий других факторов [1,3].

По правилам СанПиН санитарные службы России регистрируют поля индукций промышленной частоты (ПЧ) только в узком диапазоне частот (50±2 Гц). Однако, анализ спектра частот реальных токов в системах электроснабжения потребителей низкого напряжения(380/220В) показывает, что форма токов далека от синусоидальной, содержит множество высокочастотных гармоник (до 1 кГц и выше), вызванных все более широким использованием в ЖКХ и на производстве преобразовательной техники. Эти новые реалии в электроэнергетике не нашли пока отражения в действующих нормативных документах. В том числе, не принимается во внимание, что значительную часть биологической «вредности» ЭМП ПЧ, действующих сегодня на человека, составляют энергии именно гармоник, допустимые уровни которых должны снижаться пропорционально их частоте согласно «тепловым» критериям нагрева тканей, принятым в РФ, и рекомендациям зарубежных руководств (минус 6 дБ на октаву) [1,3].

В помещениях ЖКХ (для круглосуточного пребывания) СанПиН 2.1.2.2801-10 регламентирует уровни ЭМП ПЧ значениями допустимых напряженностей электрического и магнитного полей 500В/м и 4,0А/м, соответственно. Эти же нормы установлены и для профессионалов на рабочих местах при воздействии на них ЭМП в течении всего 8 часов, что противоречит здравой логике. Но ведь понятия «безопасности» и «комфорта» отличны по смыслу и содержанию и должны оперировать различными показателям и критериям.

Под «зелеными» домами следует понимать такие жилища, в среде которых условия по воздействующим факторам природного и искусственного происхождения были бы комфортными, в том числе, обеспечивающими восстановление адаптационных резервов организма человека от негативных последствий условий трудовой деятельности [1,2].

Эти подходы являются более высоким уровнем требований к степени комфортности жилых помещений, которые пока только пытаются завоевать право на жизнь, и требуют дополнительных научных исследований.

Исходя из этих новых требований, следовало бы большую часть эксплуатируемых в настоящее время жилых помещений, из-за условий дискомфорта в них, перевести в категорию нежилых помещений, в которых можно только «пребывать», но не «проживать». [1,3].

В развитых странах основным конкурентным, приоритетным показателем любого товара, услуг и условий является здоровье человека и качество его жизни, которые нельзя обеспечить в дискомфортных условиях.

Фон техногенных ЭМП ПЧ в помещениях ЖКХ РФ выше, чем в помещениях зданий, построенных зарубежными строителями. В том числе и это обстоятельство требует активного внедрения в «зеленое» домостроительство современных представлений об экологически безопасных жилищах.

Общий фон техногенных ЭМП ПЧ может представлять собой суперпозицию (векторную сумму) узкополосных и широкополосных полей, действующих в разных диапазонах, пульсирующих и вращающихся полей, регулярных и нерегулярных последовательностей импульсных полей. Особую опасность представляют действующие, но не контролируемые СанПиН показатели ЭМП: поляризация геомагнитного и геоэлектрического полей; направления вращения вектора ЭМП; дискомфортные направления действия пульсирующего вектора ЭМП на тело человека; ЭМП индуктируемые токами гармоник промышленной частоты, действующими в электросетях здания [3-5].

Ввиду неоднозначности оценки фона показателей индукций ЭМП ПЧ в современных жилых помещениях и на рабочих местах зарубежными учеными по результатам анализа случаев поражений людей (детей) были рекомендованы граничные критерии интенсивности показателей фона, когда организм человека на них практически не реагирует. ВОЗ рекомендовал допустимую норму индукции МП ПЧ не более 0,2мкТл (0,16А/м). В стандарте ТСО 91(99) (Швеция), по результатам исследований (Иосиды Омуры (США) и др.) были рекомендованы нормы ЭМП ПЧ 0,16мкТл (0,12А/м) и 10В/м для компьютерных помещений [5,6].

В настоящей статье, по результатам многолетней практики анализа (совместно с врачами) случаев поражения людей, обеспечения комфортных электромагнитных условий (КЭУ) на рабочих местах и жилых помещений, впервые представлен для обсуждения комплексный перечень, содержащий показатели и критерии комфортных и допустимых условий с учетом результатов последних исследований в области воздействия ЭМП на человека. В перечне также представлены критерии граничных уровней электромагнитной безопасности [5,6].

Ниже приводятся показатели и критерии комфортных, допустимых и безопасных условий по ЭМП.

Статус комфортных условий – рекомендуемый. Статус допустимых условий и граничных уровней безопасности – регламентированный.

В табл.1 приведено сравнение показателей предельно допустимых

уровней (ПДУ) природных факторов электромагнитной безопасности (ЭМБ) в среде обитания, регламентированных ГОСТ Р 51724-2001, СанПиН 2.1.8/2.2.4.2489-09, СанПиН 2.1.2.2801-10 и предложенных (проверенных) критериев комфортных электромагнитных условий (КЭУ) «хорошей погоды» для жилых помещений [1,6].

Таблица 1

Допустимые (официально) и комфортные критерии природных показателей ЭМБ и КЭУ в жилых помещениях			
Фактор	Показатели	ГОСТ Р 51724-2001 СанПиН 2.1.8/2.2.4.2489-09 СанПиН 2.1.2.2801-10	Комфортные условия («хорошая погода») [2]
ГМП ГМП	1.Относительная напряженность - $Кг=H_0/H_В$. 2.Градиент напряженности Кгр=[Кг2 – Кг1]/h*100, %/м. 3.Угол наклонения – плюс I° относительно нормали к поверхности Земли.	1,5(2)(4) - -	1,15-0,8 1,5 – 2,5 (±70°)
ГЭП ГЭП	1.Напряженность - минус Е, В/м.	- (статическое электричество - определено Е=±15000 В/м вместо критерия ГЭП «хорошей погоды» (120±100В/м)	–(10–300) (+Е– дискомфортные условия)
АИУ	1. Легкие ионы (подвижность **к** ≥0,4см^3/В×с) **(**n – ион/см^3**).**	-	Мин. $–n^+$>700; n^- >700
	2.Коэффициент униполярности - $Ку=n^+/n^-$.	-	$0,4<n^+/n^-<1,0$ (санитарное значение)

Обозначения в таблице:

ГМП и ГЭП – геомагнитное и геоэлектрическое поле – направление вектора в сторону Земли.

АИУ – аэроионные условия воздушной среды обитания.

H_0 и $H_в$ - напряженность модуля вектора ГМП в свободном пространстве и внутри помещения по ГОСТ Р 51724-01.

$К_{г2}$, $К_{г1}$ и h – результаты оценки $К_г$ в контрольных точках 2 и 1 и расстояния в метрах между ними.

Кгр = [Кг2 –Кг1]/h/100, %/м – градиент напряженности ГМП.

Е – напряженность модуля вектора ГЭП.

n^+ и n^- - количество легких положительных и отрицательных ионов – ион/см^3 с подвижностью **к** ≥0,4см^3/В×с.

В табл.2 приведено сравнение показателей и предельно допустимых уровней (ПДУ) техногенных официальных факторов электромагнитной безопасности (ЭМБ) и предложенных (проверенных) критериев комфортных электромагнитных условий (КЭУ) для жилых помещений [1,4,6].

Таблица 2.

<table>
<tr><td colspan="10">Допустимые (официальные) уровни и комфортные критерии техногенных показателей ЭМБ, КЭУ, РЧ и СВЧ в жилых помещениях</td></tr>
<tr><td>Фактор</td><td>Показатели</td><td colspan="4">Нормативные документы: СанПиН 2.1.2.1002-00, СанПиН 2.1.2. 2801-10 (пульсирующие ЭМП)</td><td colspan="4">Комфортные критерии (условия); (невосприимчивые организмом); {рекомендации ВОЗ и стандарта ТСО 91(99) (Швеция) в том числе и для вращающихся ЭМП}.</td></tr>
<tr><td rowspan="4">ЭМП ПЧ</td><td>1. ЛП МП, А/м.</td><td colspan="4">4(8) (в полосе 50±2Гц)</td><td colspan="4">0,12(0,16) (в полосе 5-2000Гц).</td></tr>
<tr><td>2. ЛП ЭП, В/м.</td><td colspan="4">500 (в полосе 50±2Гц)</td><td colspan="4">10 (в полосе 5-2000Гц).</td></tr>
<tr><td>3. ВМП ПЧ, А/м.</td><td colspan="4">-</td><td colspan="4">0,12 (0,16) (в полосе 5-2000Гц). (право-лево-сторонние)</td></tr>
<tr><td>4. ВЭП ПЧ, В/м.</td><td colspan="4">-</td><td colspan="4">10 (в полосе 5-2000Гц). (право-лево-сторонние)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">РЧ</td><td>Частота (0,03–300) МГц.</td><td>0,03-0,3</td><td>0,3-3</td><td>3-30</td><td>30-300</td><td>0 0,03-0,3 0,3</td><td>0,3-3</td><td>3-30</td><td>30-300</td></tr>
<tr><td>Е – В/м.</td><td>25</td><td>15</td><td>10</td><td>3 3</td><td>2,5</td><td>1,5</td><td>1,0</td><td>0,3</td></tr>
<tr><td>СВЧ</td><td>ППЭ–(0,3-40(300)) ГГц, мкВт/см^2.</td><td colspan="4">10</td><td colspan="4">1,0</td></tr>
<tr><td rowspan="2">СЭ</td><td>1. Минус Е – В/м.</td><td colspan="4">±15000</td><td colspan="4">–100 (8час.); –50 +30 (24час.)</td></tr>
<tr><td>2. Время утечки наведенных зарядов при относительной влажности >30%., ty – секунды.</td><td colspan="4">-</td><td colspan="4"><0,1</td></tr>
</table>

Обозначения в таблице:

ЭМП ПЧ – электромагнитное поле промышленной частоты.

ЛП МП и ЛП ЭП – линейно поляризованное (пульсирующее) магнитное и электрическое поля.

ВМП ПЧ и ВЭП ПЧ – вращающееся магнитное и электрическое поля ПЧ.

РЧ, СВЧ и СЭ – радио частота, сверхвысокая частота и статическое электричество.

ППЭ – плотность потока энергии.

ВОЗ – всемирная организация здравоохранения.

Рекомендуемые критерии допустимых условий и уровней безопасности электромагнитных природных факторов в жилых помещениях приведены в табл.3.

Таблица 3.

Рекомендуемые критерии допустимых условий и уровней безопасности природных электромагнитных факторов			
Фактор	Показатели	Критерии допустимых условий	Критерии уровней безопасности
ГМП	1.Относительная напряженность - Кг=H_0/H_B.	1, 25– 0,78	1,5 – 0,6
	2.Градиент напряженности Кгра=[Кг2 – Кг1]/h/100,%/м.	5,0	12,0
	3.Угол наклонения – плюс I° в объеме стерадиана относительно нормали к поверхности Земли.	(±75°)	(±80°)
ГЭП	1.Напряженность - минус Е, В/м. Плюс Е, В/м.	–(0,0–400) +(0,0-30,0)	–(0,0-1000) +(0,0-50,0)
АИУ	1. Легкие ионы (подвижность **к** ≥0,4$см^3$/В×с) **(**n – ион/$см^3$**)**. 2. 2. Коэффициент униполярности - Ку=n^+/n^-	Мин. –n^+>600; n^- >700 0,4<n^+/n^-<1,0 (санитарное значение)	Мин. –n^+>400; n^- >500 0,4<n^+/n^-<1,0 (санитарное значение)

Рекомендуемые критерии допустимых условий и уровней безопасности электромагнитных техногенных факторов в жилых помещениях приведены в табл.4.

В табл.1-4 все три категории показателей и критериев должны быть гармонизированы с требованиями: к «зеленому» строительству, к средствам контроля, к индивидуальным регистраторам-индикаторам, к метрологическому обеспечению, к нормативной документации. Должны быть совместимы с требованиями других электромагнитных направлений: ЭМС, ЭМИ, искрозащиты, молниезащиты, преднамеренных силовых электромагнитных воздействий

Таблица 4

Рекомендуемые критерии допустимых условий и уровней безопасности техногенных электромагнитных факторов									
Фактор	Показатели	Критерии допустимых условий				Критерии уровней безопасности			
ЭМП ПЧ	1. ЛП МП, А/м.	0,12(0,16) (в полосе 5-2000Гц).				0,16(0,24) (в полосе 5-2000Гц).			
	2. ЛП ЭП, В/м.	10(25) (в полосе 5-2000Гц).				10(25) (в полосе 5-2000Гц).			
	3. ВМП ПЧ, А/м.	0,12 (0,16) (в полосе 5-2000Гц). (право-лево-сторонние)				0,16 (0,2) (в полосе 5-2000Гц). (право-лево-сторонние)			
	4. ВЭП ПЧ, В/м.	15 (в полосе 5-2000Гц). (право-лево-сторонние)				25 (в полосе 5-2000Гц). (право-лево-сторонние)			
ЭМП Ч	Частота (0,3 – 300) МГц	0,03-0,3	0,3-3	3-30	30-300	0,03-0,3	0,3-3	3-30	30 - 300
	Е – В/м.	4	3	2	0,6	9	6	4	1,2
СВЧ	ППЭ - мкВт/см^2, 0,3-40(300)ГГц.	2,0				8,0			
СЭ	1. Минус Е – В/м.	–300 (4час.); –200 -+50 (8час.)				–800 (2час.); –300 -+100 (8час.)			
	2. Мин. время утечки наведенных зарядов при относительной влажности >30%, ty – секунды.	<1,0				<2,0			

Библиографический список

1. Рябов Ю.Г., Яковлев Г.Н., Ломаев Г.В., Яшин А.А., Билецкий С.Э. Погода в доме. Охрана труда и социальное страхование, №4, 2014, с.60-70.

2. Лобузов А.А, Ломаев Г.В., Розанов В.С., Рябов Ю.Г., Трубицын А.В. Проблемы обеспечения электромагнитного комфорта в «зеленых» домах. Вестник МГТУ МИРЭА 2015 №1 (6).

3. Рябов Ю.Г., Энговатов В.И., Билецкий С.Э. Концепция энергетической и электромагнитной безопасности (ЭЭМБ). Энергобезопасность и энергосбережение, №1, (июль-август) 2008, с.8-3.

4. Рябов Ю.Г., Гуров И.Б. Экранирование встроенных трансформаторных подстанций. Технологии ЭМС. №3(50) 2014, с.21-35.

5. 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.

6. Electromagnetic Fields and Public Health. Extremely Low Frequency Fields and Cancer. Fact Sheet no/ 263 – Geneva: WHO, 2001. 14c.

УДК 378

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПЕЦИАЛЬНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ЧС НА ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТАХ

[1]Девисилов В.А., [1]Копылов Д.О., [1]Сущев С.П., [2]Трубицын А.В., [2]Розанов В.С.,
[1]МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия
[2]МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Подготовка специалистов в области прогнозирования и предупреждения ЧС на пожаро и взрывоопасных объектах ведется в МГТУ им. Н.Э. Баумана в рамках реализации направления подготовки «Техносферная безопасность» (20.03.01- бакалавриат, 20.04.01 – магистратура, 20.06.01 - аспирантура), профиль бакалавриата «Защита в чрезвычайных ситуациях» и в МГТУ МИРЭА по направлению «Техносферная безопасность» 20.03.01- бакалавриат, 05.26.01 - аспирантура).

Специальное программное обеспечение (СПО) УН ЦУКС было разработано в результате совместной работы ученых и специалистов кафедры и Центра исследований экстремальных ситуаций – отечественного лидера по оценке последствий и рисков техногенных аварий и природных процессов.

Важнейшей составной частью СПО УН ЦУКС является программный комплекс для оценки рисков на потенциально-опасных объектах и территориях (ПК ОР), позволяющий: моделировать последствия ЧС, обусловленных использованием, хранением и транспортировкой химически, пожаро и взрывоопасных веществ. Программное обеспечение дает возможность рассчитывать показатели индивидуального и социального рисков, строить F/N-диаграммы и карты потенциального территориального риска для опасного производственного объекта и прилегающей к нему территории, автоматизировать заполнение данных формы «II. Показатели степени риска при возникновении чрезвычайной ситуации» типового Паспорта безопасности опасного объекта в соответствии с требованиями Приказа МЧС России № 506 от 04.11.2004.

В состав ПК ОР входят расчетные модули: взрывы; пожары; аварии на химически опасных объектах; аварии на нефтепроводах; аварии на газопроводах.

Алгоритм работы ПК ОР включает следующие процедуры (рис. 1):

- подготовки исходных данных;
- выбора параметров моделей воздействия;
- выбора законов поражения;
- расчета математического ожидания потерь по видам опасности с учетом воздействия поражающих факторов каждого источника;
- оценки индивидуального риска от отдельного вида опасности;
- оценки комплексного индивидуального риска.

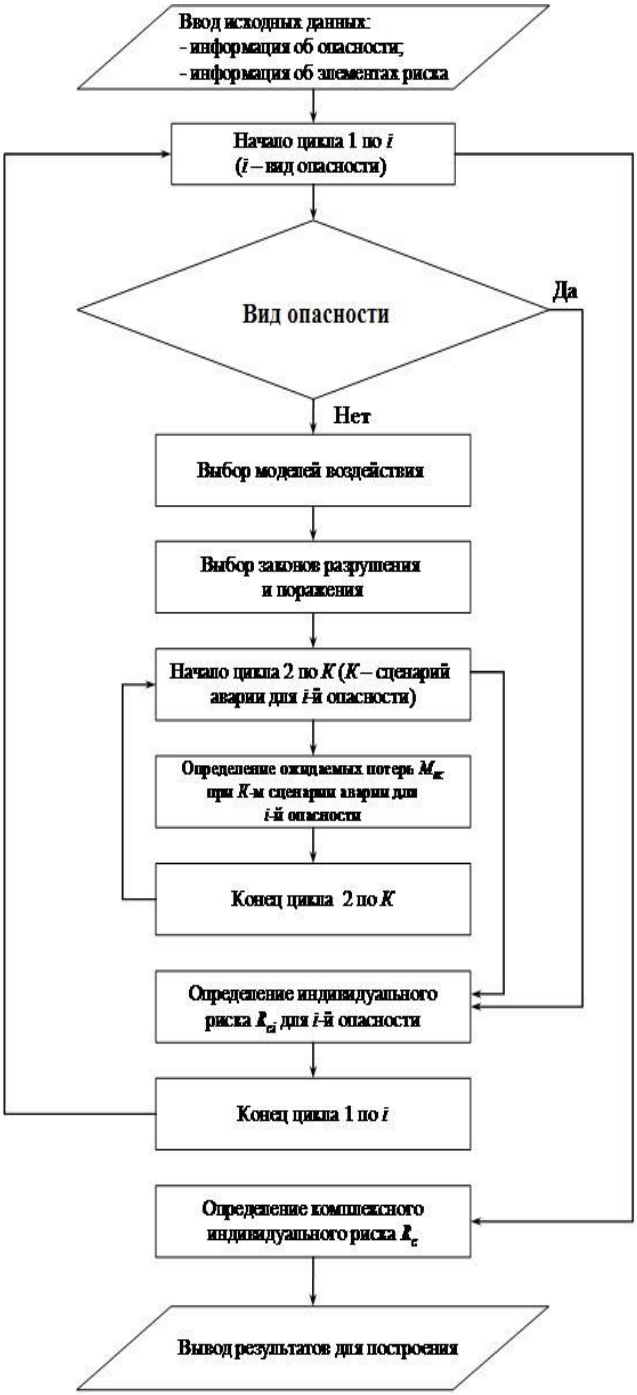


Рис. 1. Алгоритм работы ПК ОР

В основе оценки риска лежат следующие методы.

1. Прогнозирование последствий чрезвычайных ситуаций, сопровождающихся взрывами и пожарами: взрывы (приложение Е ГОСТ 12.3.047-98 «Метод расчета параметров волны давления при сгорании газопаровоздушных смесей в открытом пространстве»); пожары (приложение В ГОСТ 12.3.047-98 «Метод расчета интенсивности теплового излучения при пожарах проливов ЛВЖ и ГЖ»).

2. Прогнозирование последствий чрезвычайных ситуаций, сопровождающихся выбросами химически опасных веществ (РД 52.04.253-90).

3. Расчет индивидуального риска от аварий на пожаро–взрывоопасных объектах (Методика комплексной оценки индивидуального риска чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера).

4. Расчет индивидуального риска от аварий на химически опасных объектах (Методика комплексной оценки индивидуального риска чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера).

ПК ОР имеет следующую структуру (рис. 2).

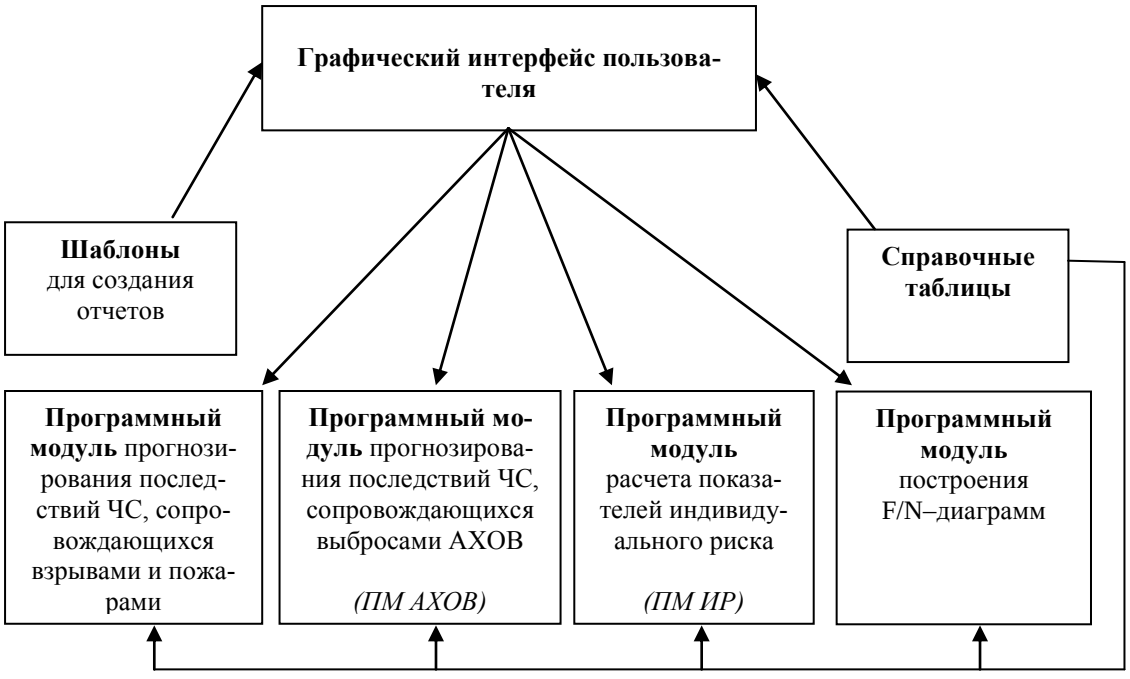


Рис. 2. Структура ПК ОР

Входными данными ПК ОР для прогнозирования последствий ЧС, сопровождающихся взрывами и пожарами, являются характеристики взрывопожароопасного объекта (наименование вещества; масса в емкости, кг); метеоданные; вид пожара; время воздействия огня, сек.

В результате расчетов определяются следующие выходные данные, представленные в различных форматах: в виде экранной формы, в графическом виде; текстовом формате, в виде дерева событий.

Для программного модуля прогнозирования последствий ЧС, сопровождающихся взрывами и пожарами (ПМ ВП) вариант выдачи результатов расчета представлен ниже (рис. 3).

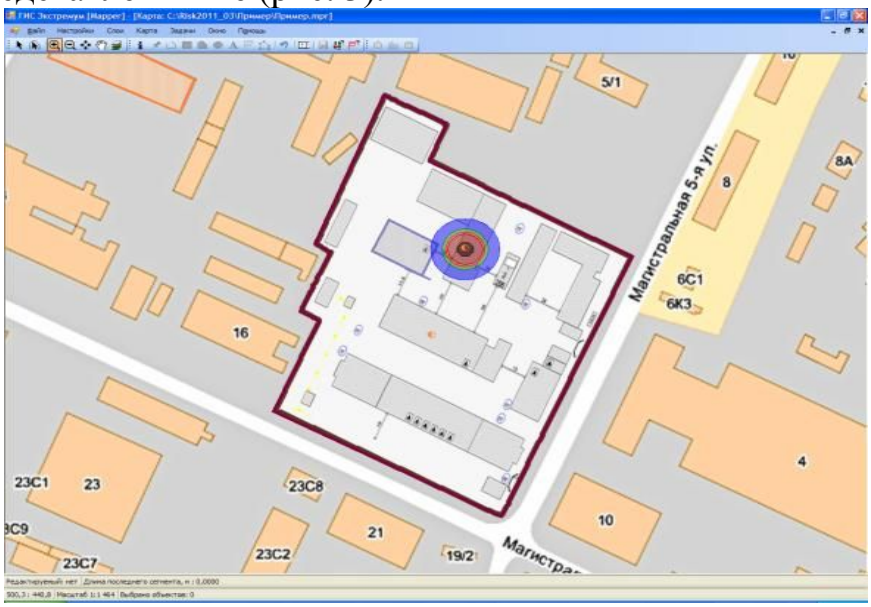


Рис. 3. Результаты расчета ПМ ВП (в графической форме)

В результате запуска программного модуля расчета показателей индивидуального риска (ПМ ИР) определяются следующие показатели индивидуального риска на взрывопожароопасных объектах (рис. 4).

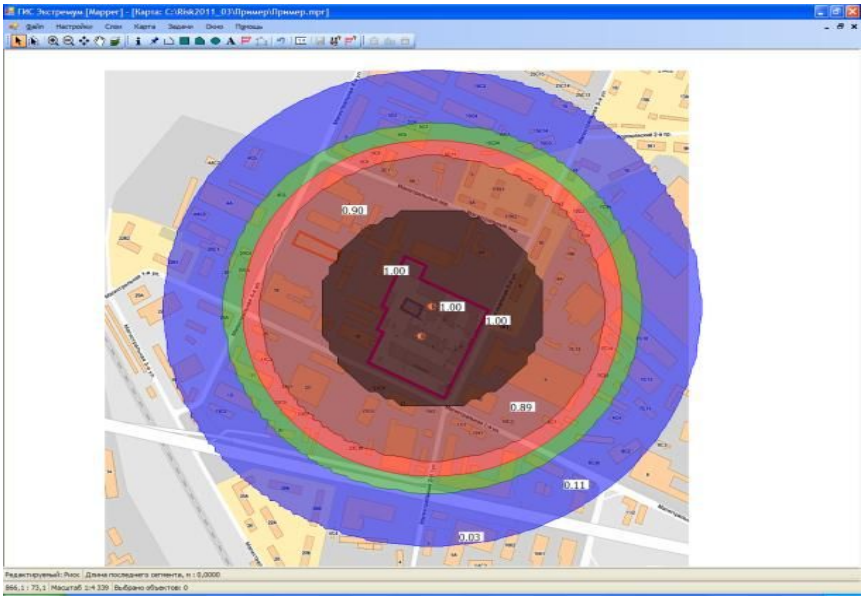


Рис. 4. Результаты расчета ПМ ИР (отображение наиболее опасного сценария на карте с отмеченными значениями риска)

Выходные данные, получаемые в результате работы программного модуля построения F/N–диаграмм на взрывопожароопасных объектах (ПМ FN), представлены на рис. 5.

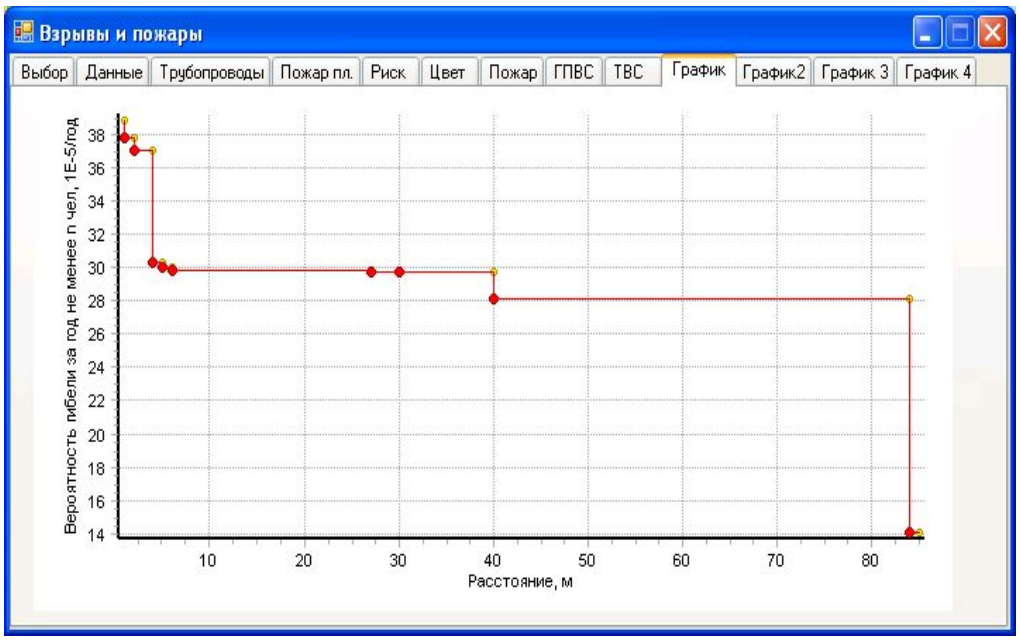


Рис. 5. Результаты расчета ПМ FN
(отображение графика F/N диаграммы)

Специальное программное обеспечение, входящее в состав программно-аппаратного комплекса УН ЦУКС кафедры «Экология и промышленная безопасность» МГТУ им. Н.Э. Баумана находит широкое применение в ходе проведения занятий по дисциплинам «Прогнозирование чрезвычайных ситуаций», «Инженерная защита в чрезвычайных ситуациях», «Системы защиты населения». Его использование позволяет интенсифицировать процесс обучения, делает его более эффективным и наглядным.

Студенты, получив практику работы с программным обеспечением УН ЦУКС в ходе обучения в Университете, смогут быстрее адаптироваться в будущей профессиональной деятельности в области обеспечения защиты населения и территорий в условиях возникновения ЧС техногенного, природного и военного характера, гражданской обороны в условиях предвоенного и военного времени на должностях научных сотрудников в научно-исследовательских институтах, специалистов по анализу рисков в проектных организациях, руководителей всех уровней, отвечающих за вопросы обеспечения комплексной безопасности населения и территорий в ЧС.

Библиографический список

1. Александров А.А., Девисилов В.А., Сущев С.П., Копытов Д.О. Учебно-научный центр управления в кризисных ситуациях московского государственного технического университета имени Н.Э. Баумана //Безопасность в техносфере / 2014/- № 2 (47)/- с.60- 75.

2. Современные проблемы безопасности жизнедеятельности: настоящее и будущее: Материалы III Международной научно-практической

конференции в рамках Форума «Безопасность и связь». Часть II / Под общей ред. Д-ра техн. наук, проф. Р.Н. Минниханова. Казань: ГБУ «Научный центр безопасности жизнедеятельности», 2014.

3. Труды научно-практического семинара «Актуальные вопросы подготовки и проведения учений и тренировок в системе обучения работников образовательных учреждений высшего профессионального образования практическому использованию программ поведения человека в кризисных ситуациях». – СПб.: СПБГПУ (НИУ), 2013.

4. Энциклопедия безопасности: строительство, промышленность, экология: в 3 т./В.А. Котляревский, В.И. Ларионов, С.П. Сущев. – М.: АСВ, 2010. Т.3.: Сейсмостойкость и теплозащита сооружений / Под ред. В.А. Котляревского. – 2010.

5. Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах (в ред. Приказа МЧС РФ от 14.12.2010 № 649). Утверждена Приказом МЧС России от 10.07.2009 № 404 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах».

6. РД 03-418-01. Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов. Утверждены Постановлением Госгортехнадзора России от 10.07.2001 г. № 30.

7. ГОСТ Р 12.3.047-98. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля

УДК 550.338.2

ГЛОБАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ SMF2 ВЫСОТЫ МАКСИМУМА СЛОЯ *F*2, ЕЕ РОЛЬ И ПРИМЕНЕНИЕ В ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧАХ

ЧАСТЬ 1.

Шубин В.Н., Карпачев А.Т., Телегин В.А., Каптюг А.А.,
ИЗМИРАН, г. Троицк, Россия

Ионосфера, модель, высота *F*2-слоя, наземное зондирование, внешнее зондирование, радиозатменные измерения, Интеркосмос-19, CHAMP, GRACE, COSMIC

1. ВВЕДЕНИЕ

1.1. Задача мониторинга ионосферы

В настоящее время решение широкого круга задач дальней радиолокации, космической навигации и дальней радиосвязи ведет к необходимости рассматривать распространение радиосигналов в ионосфере. Ионосфе-

ра является наиболее изменчивой по структуре и поведению частью атмосферы. На ионосферу оказывают влияние:

- потоки частиц, идущие от Солнца и из космоса;
- электромагнитное поле Земли;
- антропогенные и техногенные воздействия.

В рамках решения задач, связанных с распространением полезных сигналов, ионосфера формирует следующие воздействия на указанные сигналы:

- отражение от слоев ионосферы, характеризуемых максимумом электронной концентрации;
- образование неоднородного поля показателя преломления, ведущее к искажению трассы распространения сигнала;
- образование ионосферных волноводов, обеспечивающих распространение сигналов на большие расстояния;
- возмущение электромагнитного поля ионосферы, ведущее к резонансу и к излучению во вне ионосферы освобожденной этим возмущением электромагнитной энергии.

Для того, чтобы оценивать перечисленные воздействия необходимы модели ионосферы, каким-либо образом соответствующие наблюдениям ионосферы и позволяющие иметь представление о рассматриваемой в динамике концентрации частиц разных типов из состава ионосферы (фотоны, электроны, ионы, радикалы, молекулы).

Традиционные средства, дающие возможность получать экспериментальные данные о состоянии ионосферы, как правило, это состояние и искажают. Поэтому приходится строить систему последовательных аппроксимаций текущего и ожидаемого состояний ионосферы.

Процессы передачи и трансформации полезных сигналов в ионосфере наблюдаются радиотехническими средствами, для которых необходимо иметь не только текущее (в некотором масштабе времени) состояние ионосферы, но и состояние ионосферы, данное с упреждением. Последнее достигается за счет прогноза или предсказания.

Для практического применения данных о состоянии ионосферы наиболее предпочтительной является возможность его предсказания, что может быть достигнуто только при наличии причинно-следственной геофизической модели ионосферы.

Собственно, именно ‘эта модель является климатической, то есть дает оценки состояния ионосферы в виде инвариантных по времени пространственно-временных зависимостей, на которые влияет ряд выделенных факторов и которые действуют на определенном временном промежутке. Однако для статистического прогноза она является достаточно грубой. Она позволяет объяснить физические механизмы, но не дает возмож-

ности статистически оценить ожидаемые значения характеристик ионосферы при аппроксимации баз данных.

Более точная в статистическом смысле аппроксимация не дает возможности полного физического объяснения всех полученных при аппроксимации результатов. В настоящей работе оба этих подхода сочетаются.

1.2. Вариант экспериментального решения задачи. Мониторинга ионосферы

Далее представлен основной фрагмент глобальной модели ионосферы Земли SMF2 (Satellite Model of *F*2-layer) высоты слоя *F*2).

Глобальная модель SMF2 была создана, в основном, силами сотрудников ИЗМИРАН с привлечением одного из сотрудников ИПГ. Для ее создания были использованы данные внешнего зондирования на спутнике Интеркосмос-19, а также данные радиозатменных измерений в экспериментах CHAMP, GRACE и COSMIC. Дополнительно использовались данные сети станций наземного зондирования. Модель охватывает все уровни солнечной активности, месяцы, часы местного и мирового времени, долготы и широты. Модель является медианной в диапазоне значений магнитной активности Кр < 3+. Пространственно-временное распределение h_mF2 в новой модели описывается взаимно-ортогональными функциями, в качестве которых используются присоединенные полиномы Лежандра. Временное распределение описывается разложением в ряд Фурье по UT. Входными параметрами модели являются географические координаты, месяц и индекс солнечной активности $F_{10.7}$. Новая модель хорошо согласуется с международной моделью ионосферы IRI там, где много наземных станций и точнее отображает высоту слоя *F*2 там, где их нет – над океанами и на экваторе. При низкой солнечной активности стандартное отклонение в модели SMF2 не превышает 14 км для всех часов суток против 26.6 км в модели IRI-2012. Среднее относительное отклонение примерно в 4 раза меньше, чем в модели IRI. При высокой солнечной активности максимальные стандартные отклонения в модели SMF2 достигают 25 км, однако в IRI они примерно в 2 раза больше. Среднее относительное отклонение примерно в 2 раза меньше, чем в модели IRI. Таким образом, построена существенно более точная модель h_mF2, чем IRI-2012.

2. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ПОСТРОЕНИЯ ГЛОБАЛЬНОЙ МОДЕЛИ SMF2 ВЫСОТЫ МАКСИМУМА СЛОЯ *F*2

Вариации высоты максимума *F*2-слоя h_mF2 в глобальном масштабе наиболее адекватно описывает Международная Справочная модель Ионосферы (IRI-2007) [Bilitza, Reinisch, 2008]. Последняя версия модели IRI-2012 представлена на сайте [http://omniweb.gsfc.nasa.gov/vitmo/iri2012_vitmo.html].

В модели IRI для вычисления h_mF2 используется параметр $M(3000)F2$, который представляет собой отношение максимально применимой частоты отражения радиоволны от слоя $F2$ при ее распространении на расстояние 3000 км к критической частоте $F2$ слоя $foF2$ [Rawer et al., 1978]. Для вычисления h_mF2 используется формула [Bilitza et al., 1979; Dudeney, 1983], в которую кроме параметра $M(3000)F2$ входят f_oF2 и f_oE. Модель IRI была построена еще в 60-е годы и прекрасно зарекомендовала себя. Однако сеть наземных ионосферных станций, по данным которых построена IRI, редкая и не покрывает весь земной шар, в частности обширные акватории океанов. Отметим также, что определение h_mF2 через параметр $M(3000)F2$ может быть связано с ошибками. Все это вызывает определенные вопросы к точности отображения h_mF2 в модели IRI, поэтому неоднократно предпринимались попытки построения более точной глобальной модели.

Для построения более точной глобальной модели необходимо использовать спутниковые данные, которые охватывают весь земной шар. К ним относятся данные внешнего зондирования и данные радиозатменных наблюдений. Всего в ионосфере с 1962 г. функционировало 8 спутников с ионозондом на борту. Это канадско-американские спутники Alouette 1 и 2, ISIS 1 и 2, японские ISSb и EXOS-C, и советские Интеркосмос-19 и Космос-1809. Данные японских спутников в свободном доступе отсутствуют. Данные спутников Alouette и ISIS по проекту НАСА 1999 г. были реставрированы и сейчас представлены на сайте: http://nssdc.gsfc.nasa.gov/space/isis/isis.status.html. Alouette и ISIS функционировали долгое время (с 1962 по 1983 г.), однако данные этих спутников принимались на наземных станциях, расположенных, по большей части, в Америке и Европе. Поэтому данные этих спутников охватывают в основном северное полушарие, причем без Советского Союза. Попытка построения модели h_mF2 по этим данным (с включением небольшого количества данных ИК-19) была предпринята в работе [Gulyaeva et al., 2008]. Однако недостаточно большой массив данных позволил построить модель h_mF2 только для околополуночных, утренних, околополуденных и вечерних часов для трех сезонов (зима, равноденствие и лето) без разбиения на месяцы. Построенная модель является симметричной, поэтому ее можно рассматривать как вариант ограниченной модели h_mF2 для северного полушария.

В последнее время появилось новое мощное средство исследования ионосферы - радиозатменные наблюдения (см., напр. [Hajj and Romans, 1998]). Этот метод позволяет с хорошим разрешением <10 км [Wu et al., 2009; Yue et al., 2010] измерять $N(h)$-профиль в интервале высот 100-800 км и непосредственно определять параметры максимума слоя $F2$. За последние 10 лет было получено огромное количество данных радиозатменных наблюдений в спутниковых экспериментах CHAMP, GRACE и особенно COSMIC. Эти данные находятся в свободном доступе в Интернете и могут быть использованы для

построения модели. В работе [Hoque, Jakowski, 2012] представлена глобальная модель h_mF2 (NPHM), построенная по данным CHAMP (300 000 значений h_mF2), GRACE (60 000 значений) и COSMIC (2500000 значений). Но в этой работе была поставлена специфическая задача – построить упрощенную модель для решения задач распространения радиоволн. Эта модель удобна для быстрых расчетов, но она не описывает, в частности, долготные вариации h_mF2.Основной проблемой при построении глобальной модели ионосферы является качество и количество данных измерений, поскольку математические методы представления распределения ионосферных параметров были разработаны давно, в частности еще при создании модели IRI. В нашей предыдущей работе [Shubin et al., 2013] была построена глобальная медианная модель высоты слоя *F*2 для низкой солнечной активности. Для этого были использован огромный массив данных радиозатменных измерений (3 200 000) в экспериментах CHAMP, GRACE и COSMIC. При таком большом массиве данных их качество отступает на второй план, хотя вопросы точности радиозатменных данных довольно детально обсуждались в этой работе. Несмотря на известные претензии к точности радиозатменных измерений оказалось, что новая модель в целом точнее отображает высоту слоя *F*2, чем международная модель ионосферы IRI. Однако проблема качества данных становится особенно важной на следующем этапе - построении модели *hmF*2 для высокой солнечной активности. Для этого используются в основном данные внешнего зондирования на спутнике Интеркосмос-19 (200 000 значений *hmF*2), дополненные данными сети станций наземного ионосферного зондирования и частично данными CHAMP и COSMIC. В отличие от однородного массива данных для низкой солнечной активности в данном случае мы имеем дело фактически с четырьмя разными методами измерений *hmF*2 – радиозатменным методом, внешним зондированием, наземным зондированием с помощью современных дигизондов, и расчетом *hmF*2 из параметра *M*(3000). Поэтому основной акцент в данной работе сделан на проблемах обработки данных Интеркосмос-19 и сравнении с другими данными. Обсуждаются также зависимости *hmF*2 от солнечной и магнитной активности. Приводятся предварительные оценки точности новой модели для высокой солнечной активности в сравнении с моделью IRI.

3. ДАННЫЕ НАБЛЮДЕНИЙ

3.1. Зависимость h_m *F* 2 от магнитной и солнечной активности

При отборе данных по высоте слоя *F*2 необходимо знать характер зависимости h_mF2 от магнитной и солнечной активности. Причины сильных изменений высоты слоя *F*2 известны – нейтральный ветер, скачки электрического поля, и прохождение внутренних гравитационных волн (ВГВ). Во время геомагнитных возмущений они могут вызвать как положительные, так и

отрицательные вариации h_mF2. Отсюда в работе [Gulyaeva et al., 2008] был сделан вывод, что при использовании очень больших массивов данных можно не учитывать магнитную активность. К сожалению это не так. Анализ данных ИК-19 показал, что уже при Кр=4 высота слоя F2 на умеренно высоких и средних широтах обычно сильно возрастает. Поэтому при построении новой модели данные по h_mF2, полученные во время магнитной суббури и бури исключались, для чего использовался критерий Кр < 3+.

Вопрос зависимости h_mF2 (N_mF2) от солнечной активности много лет дискутируется в литературе. Он исследовался и по данным ИК-19, в частности для летней дневной среднеширотной ионосферы [Бенькова и др., 1987]. Для низкой солнечной активности при этом использовались данные спутника Alouette 1 и наземные данные. В разных долготных секторах зависимости оказались разные, они отличаются и коэффициентом линейной регрессии и наличием эффекта насыщения в некоторых секторах. Зависимость h_mF2 (N_mF2) от солнечной активности для среднеширотной ионосферы были исследованы также по данным радара и ионозонда в Millstone Hill [Lei et.al, 2005]. Для околополуденных зимних условий четко проявился эффект насыщения. Поэтому вместо текущего (за предыдущий день) индекса $F_{10.7}$ был введен proxy индекс $F_{10.7p} = (F_{10.7} + F_{10.7A})/2$, где $F_{10.7A}$ есть скользящее среднее за 81 день. Оказалось, что $N_mF2(h_mF2)$ зависит от $F_{10.7p}$ практически линейно. Летом эти зависимости в 2 раза слабее. В среднеширотной и низкоширотной ионосфере аналогичные исследования были проведены по данным ионозондов [Wang et al., 2005; Liu et al., 2006] и радара Arecibo [Marques et al., 2010]. По данным ионозонда было показано, что N_mF2 и h_mF2 испытывают эффект насыщения при значениях текущего индекса $F_{10.7}$ более 200 в дневное время летом и в период равноденствия, и не испытывают летней ночью и зимой. По данным радара было обнаружено, что насыщение h_mF2 практически исчезает с применением индекса $F_{10.7p}$. Таким образом, общим для всех работ является вывод о том, что эффект насыщения устраняется после введения индекса $F_{10.7A}$ или proxy индекса $F_{10.7p}$. В новой модели для учета зависимости от солнечного излучения был выбран солнечный индекс $F_{10.7A}$.

3.2. Данные радиозатменных наблюдений

Для построения новой модели были использованы высоты максимума $F2$-слоя ионосферы h_mF2, полученные методом радиопросвечивания в экспериментах CHAMP, GRACE и COSMIC. Спутник CHAMP проработал на орбите с апреля 2001 по август 2008 г. и измерил свыше 300 000 Ne(h)-профилей в ионосфере. Эти данные находятся на сайте http://op.gfz-potsdam.de/champ/. Космическая система GRACE состояла из двух низкоорбитальных спутников с полярной орбитой. За период с марта 2002 г. по декабрь 2011 г. было получено более 100 000 $N(h)$-профилей. Данные из-

мерений находятся на сайте http://op.gfz-potsdam.de/grace/. Спутниковая система COSMIC, известная также как FORMOSAT-3 представляет собой сеть из 6 микроспутников на орбитах с высотами ~800 км и функционирует с 2006 г. За день COSMIC поставляет до ~2500 *N(h)*-профилей, однако на сайте эксперимента http://www.cosmic.ucar.edu выставляется, как правило, около 1000 качественных профилей. Всего было использовано 2 800 000 *N(h)*-профилей по данным COSMIC.

Большинство радиозатменных данных относится к низкой солнечной активности, поэтому они были использованы для построения модели *hmF*2 для $F_{10.7A}$ 80 в нашей предыдущей работе [Shubin et al., 2013]. Использование данных для моделирования сопряжено с тремя главными проблемами: достаточно ли данных для построения модели, насколько они точны и как они соотносятся с другими данными. Эти проблемы достаточно подробно обсуждаются в работе [Shubin et al., 2013], поэтому отметим только основные положения этой работы. Восстановление вертикального *N*(*h*)-профиля в радиозатменных измерениях основано на многих допущениях и не является рутинной задачей. Поэтому вопрос точности определения высоты h_mF2 в радиозатменных наблюдениях обсуждался неоднократно [Lei et al., 2007; Chu et al., 2010a,b; Potula et al., 2011]. В работе [Krankowski et al., 2011] сравнивались для всех сезонов высоты h_mF2, полученные в 2008 г с помощью COSMIC и на двух дигизондах в Pruhonice и Juliusruh. Был проведен тщательный отбор данных для сравнения. В результате, среднее значение h_mF2, полученное с помощью радиозатменных измерений оказалось выше, чем по данным дигизондов всего на 2.8 км. Поэтому в нашей предыдущей работе данные также отбирались тщательно. Был разработан алгоритм, который позволяет избежать, по крайней мере, грубых ошибок в определении *hmF*2. В результате обработки было отбраковано около 15% *N(h)*-профилей.

Результаты, полученные на основе очищенных данных, подтверждают правомерность их использования для построения модели. Новая модель *hmF*2 для низкой солнечной активности хорошо согласуется с международной моделью ионосферы IRI там, где много станций наземного ионосферного зондирования [Shubin et al., 2013]. Сравнение модели SMF2 с данными, полученными методом радиопросвечивания ионосферы, а также с данными дигизондов, показывает, что стандартные отклонения модели для всех месяцев года не превышают 16 км против 26.6 км в модели IRI-2012. Средние относительные отклонения в 3-4 раза меньше, чем в модели IRI-2012 (3-4% по сравнению с 9-12%).

3.3. Данные спутника интеркосмос-19

Модель для высокой солнечной активности строилась, в основном, по данным спутника Интеркосмос-19 (ИК-19), которые в последнее время

были реставрированы в полном объеме. Спутник ИК-19 активно функционировал на эллиптической орбите с высотами 500-1000 км около двух лет в 1979-1981 г. Этот период характеризовался высокой солнечной активностью ($F_{10.7}$ = 140-280). Наклонение орбиты спутника 74° позволяло охватить субавроральные и частично авроральные широты. Ионозонд ИК-19 мог получать как аналоговые, так и цифровые ионограммы. Аналоговые ионограммы записывались в реальном времени на приемном центре Москва вплоть до февраля 1982. Цифровые ионограммы записывались на бортовой магнитофон, поэтому ИК-19, в отличие от других спутников поставлял данные со всех долгот в пределах наклонения орбиты ~74°. Таким образом, несмотря на то, что до настоящего времени на орбите находилось 8 спутников с ионозондами на борту, говорить о глобальном охвате ионосферы можно только основываясь на данных измерений спутника ИК-19. Зондирование проводилось в двух режимах: в течение 2 ч 10 мин (1.3 витка) с интервалом 16 с и в течение ~17 ч (11 витков) с интервалом 64 с. Для глобального покрытия земной поверхности наиболее важным был последний режим работы. Всего за два года работы ИК-19 было получено около 400.000 ионограмм, обработать, удалось около половины всех ионограмм.

4. Заключение

Создание климатических баз ионосферных данных стоит на повестке дня современной экспериментальной геофизики. Имеет место:

- быстрый рост числа ионосферных станций как наземного , так и космического базирования;
- унификация представления ионосферных данных;
- рост объемов накопленной информации;
- увеличение темпа сбора ионосферных данных, особенно для решения специальных задач.

Тем не менее сложившаяся ситуация не устраивает, прежде именно всего, системы ориентированные на решения специальных задач. К таким системам относятся:

- системы воздушно-космической и противоастероидной обороны (желательный темп сбора данных между замерами и расстоянием по времени – менее единиц миллисекунд);
- гидрометеорологические системы (например, Росгидромет) и системы, ориентированные на предотвращение катастрофических ситуаций (например, МЧС РФ), вызванных естественными и техногенными факторами.

Кроме того, и прежде всего, для систем специального назначения создание баз данных, описывающее состояние текущей атмосферы, а также геосферы и гелиосферы. При этом такие базы данных, как и в случае ионосферных баз данных, требуют создание специальных глобальных ин-

формационных систем сбора, хранения и передачи данных.

В связи с вышесказанным необходимо:

1) создать проекты специализированных систем сбора, хранения и передачи геофизических и гелиофизических данных;

2) отработать технологию использования таких данных с учетом необходимости их прогноза и предсказания.

Библиографический список

1. Ben'kova N.P., Legen'ka A.D., Kochenova N.A., Fatkullin M.N., Fligel M.D. Model of electron density in the topside mid-latitude ionosphere using Intercosmos-19 data. Space Research. v.25. № 3. p.410-420. 1987 (in Russian).

2. Bilitza, D., Sheikh, N. M., Eyfrig, R., 1979. A global model for the height of the F2-peak using M3000 values from the CCIR numerical map, Telecommun. J. 46, 549–553.

3. Bilitza, D., Reinisch, B.W., 2008. International reference ionosphere 2007: improvements and new parameters. Advances in Space Research 42, 599–609.

4. Chu Y-H., Su C-L., Ko H-T. a. A global survey of COSMIC ionospheric peak electron density and its height: A comparison with ground-based ionosonde measurements. Advances in Space Research 46 (2010) 431–439.

5. Dudeney J.R. The accuracy of simple methods for determining the height of the maximum electron concentration of the F2-layer from scaled ionospheric characteristics // J. Atmos. Terr. Phys. 1983. V.45. P.629–640.

6. Gulyaeva, T. L., Bradley, P. A., Stanislawska, I., Juchnikowski, G., 2008. Towards a new reference model of *hm*F2 for IRI. Advances in Space Research 42, 666–672.

7. Hajj, G. A., Romans, L. J., 1998. Ionospheric electron density profiles obtained with the Global Positioning System: Results from the GPS/MET experiment. Radio Science 33, 175–190.

8. Hoque, M. M., Jakowski, N., 2012. A new global model for the ionospheric F2 peak height for radio wave propagation. Annales Geophysicae 30, 797–809. doi:10.5194/angeo-30-797-2012.

9. Krankowski, A., Zakharenkova, I., Krypiak-Gregorczyk, A., Shagimuratov, I. I., Wielgosz, P., 2011. Ionospheric electron density observed by FORMOSAT-3/COSMIC over the European region and validated by ionosonde data. Journal of Geodesy 85 (12), 949-964.

10. Lei J., Liu L., Wan W. Variations of electron density based on long-term incoherent scatter radar and ionosonde measurements over Millstone Hill // Radio Science. 2005. V.40. RS2008, doi:10.1029/2004RS003106.

11. Liu, L., Le, H., Chen, Y., He, M., Wan, W., and Yue, X., 2011. Features of the middle- and low-latitude ionosphere during solar minimum as

revealed from COSMIC radio occultation measurements. Journal of Geophysical Research 116, A09307, doi:10.1029/2011JA016691.

12. Potula B.S., Chu Y-H., Uma G., Hsia H-P., Wu K-H. A global comparative study on the ionospheric measurements between COSMIC radio occultation technique and IRI model. Journal of Geophysical Research, v. 116, A02310, doi:10.1029/2010JA015814, 2011.

13. Shubin V.N., Karpachev A.T., Tsybulya K.G. Global model of the F2 layer peak height for low solar activity based on GPS radio-occultation data // Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics http://dx.doi.org/10.1016/j.jastp.2013.08.024

14.Wang X., Shi J.K., Wu S.Z., and Guo J.G. Response of ionospheric foF2 and hmF2 to F10.7: Observation in Hainan // 36th COSPAR Scientific Assembly. 16 - 23 July 2006, Beijing, China. Abstract #2233.

УДК 550.338.2

ГЛОБАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ SMF2 ВЫСОТЫ МАКСИМУМА СЛОЯ *F*2, ЕЕ РОЛЬ И ПРИМЕНЕНИЕ В ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧАХ

ЧАСТЬ 2.

Шубин В.Н., Карпачев А.Т., Телегин В.А., Каптюг А.А.
ИЗМИРАН, г. Троицк, Россия

Ионосфера, модель, высота *F*2-слоя, наземное зондирование, внешнее зондирование, радиозатменные измерения, Интеркосмос-19, CHAMP, GRACE, COSMIC

1. ОБРАБОТКА ИОНОГРАММ

1.1. Обработка ионограмм внешнего зондирования

Расчет большого количества *N(h)*-профилей из ионограмм внешнего зондирования является чрезвычайно трудоемкой задачей и сопряжен с большими проблемами. На цифровых ионограммах ИК-19 обычно лучше регистрировалась необыкновенная компонента радиосигнала, поэтому и расчеты, как правило, производились по ней. Расчет *N(h)*-профиля производится по ламинарному методу Джексона. Некоторую проблему на приведенной ионограмме представляет отсчет критической частоты, поскольку и основные и земные следы вблизи критической частоты довольно часто не регистрировались вследствие сильного затухания радиосигнала. Вопрос точности расчета профилей во внешней ионосфере рассматривался в во многих работах. Было показано, что ошибка определения высоты слоя F2 для качественных ионо-

грамм составляет 10-15 км. Однако существует еще и методическая ошибка, которая определяется методикой расчета и опытом оператора.

Ионограмм хорошего качества было зарегистрировано не более 40%, чаще всего днем и на средних широтах. Остальные ионограммы характеризовались *F*-рассеянием, от слабого до сильного.

1.2. Стыковка внешнего (спутникового) и внутреннего (наземного) *n(h)*-профилей

При расчете *N(h)*-профилей из ионограмм внешнего зондирования по методу Джексона в качестве высоты h_mF2 берется истинная высота на последней частоте, на которой еще можно отсчитать высоту на ионограмме. Но в таком случае есть вероятность того, что высота слоя *F*2, рассчитанная по данным внешнего зондирования, будет систематически превышать высоту, рассчитанную по наземному зондированию. Наличие такой методической ошибки проверяется стыковкой спутниковых и наземных *N(h)*-профилей. Этот вопрос исследовался неоднократно, как по данным спутников Alouette, так и по данным ИК-19 (см., например, [Nsumei et al., 2010]).

1.3. Построение глобального распределения H_MF2 по данным спутникового зондирования

Кратко обсудим особенности спутникового внешнего зондирования ионосферы. Для глобального обзора ионосферы необходимо поместить спутник на орбиту, близкую к полярной. Однако в этом случае спутник будет долго находится примерно в одном и том же секторе местного времени. При этом сдвиг по долготе от витка к витку составляет ~25°. При наличии памяти на борту спутника, и учитывая восходящую и нисходящую части витка, можно за одни сутки UT построить распределения параметров ионосферы для двух (довольно широких) интервалов местного времени, разделенных на 12 ч (LT-карты). UT-карта показывает реальное состояние ионосферы на данный момент UT времени, ее "моментальный снимок". Ясно, что получить UT-карту за короткое время с помощью одного спутника вообще невозможно. Таким образом, построить карты для узких интервалов UT и LT времени можно только усредняя данные за длительный период времени. Для спутника ИК-19 (период 96.5 мин), суточный сдвиг по времени вследствие прецессии орбиты составлял ~ 7.5 мин. Для полного обзора ионосферы в локальном времени, учитывая нисходящую и восходящую части витка ИК-19, требуется 95 суток. Итак, для получения набора LT-карт для полных суток, что эквивалентно получению полного набора UT-карт, необходимо около 3 месяцев непрерывных наблюдений. ИК-19 прорабо-

тал в активном режиме 2 года, таким образом, он дважды собирал данные для каждого сезона. Однако в силу аппаратурных ограничений он работал с перерывами, а также захватывал магнито-возмущенные периоды с Кр>3+. Кроме того, его орбита не охватывала высокие широты. Поэтому данные ИК-19 были дополнены данными радиозатменных измерений, проведенных при $F_{10.7A} > 140$. Наименьшее количество данных было собрано для зимы

1.4.. Данные наземного зондирования

Спутниковых данных для высокой солнечной активности гораздо меньше, чем для низкой активности, поэтому в этом случае использовались также данные цифровых ионосферных станций (дигизондов), по которым в автоматическом режиме рассчитываются значения высоты h_mF2. Эти данные доступны на сайте http://ulcar.uml.edu центра атмосферных исследований в Лоуэлле, штат Массачусетс, США. Были использованы данные 63 станций за период наблюдений 1980-2010. К сожалению сеть дигизодов очень редкая и расположена в основном в северном полушарии. Количество ячеек, в которых имеются наземные данные по высотам h_mF2 равно 50, что составляет всего 6% от всех ячеек (860), на которые разбивалась поверхность земного шара. Количество ячеек, в которых имеются данные по параметру M(3000)*F*2 гораздо больше и период работы этих станций гораздо длиннее, поэтому желательно использовать и эти данные. Высота слоя *F*2 рассчитывается из параметров *M*(3000), *foF*2 и *foE* по следующей формуле [Bilitza et al., 1979; Dudeney, 1983]

$$hmF2 = 1490/[\mathrm{M}(3000)F2 + c_1(foF2/foE - c_2) + c_3] - 176 \qquad (1)$$

где c_1 , c_2 и c_3 коэффициенты, которые зависят от широты и уровня солнечной активности. Как видно зависимость (1) довольно сложная, поэтому к точности определения h_mF2 таким способом предъявляется много претензий, особенно на экваториальных и высоких широтах. Чтобы оценить, насколько рассчитанные из ионограмм и из параметра *M*(3000) значения *hmF*2 различаются, было проведено сравнение. При этом суточные вариации значений *hmF*2, были получены двумя способами для экваториальной станции Jicamarca, среднеширотной Grahamstown и высокоширотной King Salmon. Как показало сравнение, значения *hmF*2 могут различаться довольно значительно, особенно в экваториальной ионосфере. Однако главный вывод состоит в том, что систематических расхождений нет. Поэтому было принято решение использовать также большой массив данных по высоте слоя *F*2, рассчитанных из параметра *M*(3000).

2. МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛИ

Математический метод для описания модели достаточно подробно описан в работе [Shubin et al., 2013], поэтому отметим здесь только основные положения. Мы воспользовались методикой разложения, которая приведена в работе [Jones and Gallet, 1962, Чернышев, Васильева, 1973]. Зависимость h_mF2 от широты φ и долготы λ в фиксированный момент времени представляется в виде ряда:

$$F(\varphi,\lambda) = \sum_{m=0}^{M}\sum_{n=m}^{N} g_n^m \cos m\lambda \; h_n^m \sin m\lambda \; P_n^m \cos \varphi, \qquad (1)$$

где $\varphi = 90^o - \theta$, g_n^m и h_n^m – коэффициенты разложения, а $P_n^m \cos\varphi$ – присоединенные функции Лежандра. Коэффициенты разложения в (1) определяются по методу наименьших квадратов. Для удобства вычислений ряд (1) можно представить в более компактной форме:

$$F(\varphi,\lambda) = \sum_{k=0}^{K} D_k \, G_k(\varphi,\lambda), \; k = 0,1,2, \ldots, K, \qquad (2)$$

где D_k - коэффициенты разложения, $G_k(\varphi,\lambda)$ - сферические гармоники. Количество коэффициентов в разложении (2) определяется соотношением: $K = M(2N - M + 1) + N + 1$. Данные наблюдений h_mF2 неравномерно распределены по поверхности земного шара. Поэтому условие ортогональности функций $G_k(\varphi_i, \lambda_i)$, где φ_i, λ_i – координаты, измеренных данных h_mF2, не выполняется. Для определения коэффициентов разложения в выражении (2) был применен метод ортогонализации Грамма-Шмидта. Было показано, что для каждого фиксированного момента времени UT лучшей аппроксимацией является комбинация с числом гармоник $M = 8$ (по долготе) и $N = 12$ (по широте). Таким образом, для описания планетарного распределения h_mF2 для заданного часа UT и месяца необходимо 149 коэффициентов в разложении (1).

Суточные вариации $hmF2$ по UT описываются разложением в ряд Фурье по трем гармоникам

$$F(t) = \sum_{i=0}^{3} a_i \cos\left(i\frac{2\pi}{T}t\right) + b_i \sin\left(i\frac{2\pi}{T}t\right) \qquad (3)$$

Как уже ясно из выше изложенного модель $hmF2$ строилась отдельно для низкой [Shubin et al., 2013] и высокой солнечной активности. В массив данных для низкой солнечной активности были включены данные h_mF2, которые удовлетворяли условию $F_{10.7A} < 80$, а в массив данных для высокой солнечной активности – данные при $F_{10.7A} > 140$. Для этих массивов данных были получены коэффициенты пространственно-временного распределения h_mF2 в разложении (1) для каждого месяца и каждого часа UT.

Полное число коэффициентов в модели для обоих уровней солнечной активности равно 149*24*12*2 = 85824. Для произвольного индекса солнечной активности F_{107A} так же, как и в модели IRI [Bilitza et al., 1979] используется линейная интерполяция. При этом коэффициенты линейной регрессии a и b в соотношении $h_mF2 = a + b \cdot F_{10.7A}$ определяются из двух значений h_mF2 (для низкой и высокой активности) для каждой конкретной точки пространства и в каждый момент времени.

Для низкой солнечной активности среднее количество заполненных ячеек размера 15 x 5 (долгота-широта) данными радиозатменных измерений для каждого месяца и каждого часа UT составляло 820. Поскольку общее число ячеек сетки с указанными размерами равно 860, то в среднем заполненным было 95% всех ячеек. Поэтому для низкой солнечной активности данных для построения глобальной модели h_mF2 оказалось вполне достаточным. При высокой солнечной активности заполнение ячеек здесь было гораздо хуже, поэтому применялась следующая методика. Сначала строилась сезонная модель, в которой использовались все данные для каждого сезона, т.е. за май-август для лета, ноябрь-февраль для зимы, март, апрель, сентябрь и октябрь для равноденствия. В этих усредненных моделях данных оказалось достаточно, чтобы занять практически все ячейки рабочей сетки. Затем строилась модель для каждого месяца года. В ней пустые ячейки заполнялись медианой из усредненной модели для данного сезона. Насколько эта методика является адекватной, покажет сравнение полученной модели с IRI и данными других измерений.

3. СРАВНЕНИЕ МОДЕЛИ SMF2 С IRI-2012 И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМИ ДАННЫМИ

Рассмотрим, как новая модель воспроизводит долготные вариации *hmF*2 в сравнении с IRI. Для этого рассмотрим околополуночные зимние условия, при низкой солнечной активности, когда долготный эффект (ДЭ) наиболее сильно проявляется. На рис.1 приведены долготные вариации *hmF*2 на широте 55 в северном и южном полушариях. Как видно из рисунка, имеет место сильно несоответствие между моделью IRI-2012 и данными спутниковых радиозатменных измерений, по которым построена новая модель. В южном полушарии максимальная разница, как и следовало ожидать, наблюдается на долготах океанов - Индийского и Тихого, хотя на станциях Campbell Is. (52.5 S, 169.2 E) и Maquarie Is. (54.5 S, 159.0 E) есть данные по *M*(3000)*F*2 за 15 и 5 лет соответственно. В Американском секторе регулярно работает станция Port Stanley (51.7 S, 302.2 E), вероятно, поэтому здесь наблюдается хорошее соответствие обоих моделей со спутниковыми и наземными данными. В северном полушарии IRI переоценивает *hmF*2, осо-

бенно сильно на долготах Америки. Данные дигизондов Pruhonice (50.0 N, 14.6 E) и Fairford (51.7 N, 358.5 E) полностью согласуются с новой моделью, т.е. с радиозатменными измерениями. Дигизонд Goose Bay (53.3 N, 299.7 E) дает значения *hmF*2 больше, даже чем IRI. Однако он расположен на геомагнитной широте 63.3 , что соответствует широте главного ионосферного провала и возможно влияние провала сказывается на его данных. Высота слоя *F*2 обычно увеличена в области провала, но эта проблема требует специального рассмотрения. При переходе к высокой солнечной активности ДЭ ни по характеру, ни по амплитуде сильно не изменяется. Но расхождения с IRI становятся гораздо меньше – средние значения (для всех долгот) сравниваются, однако IRI по-прежнему плохо воспроизводит характер ДЭ.

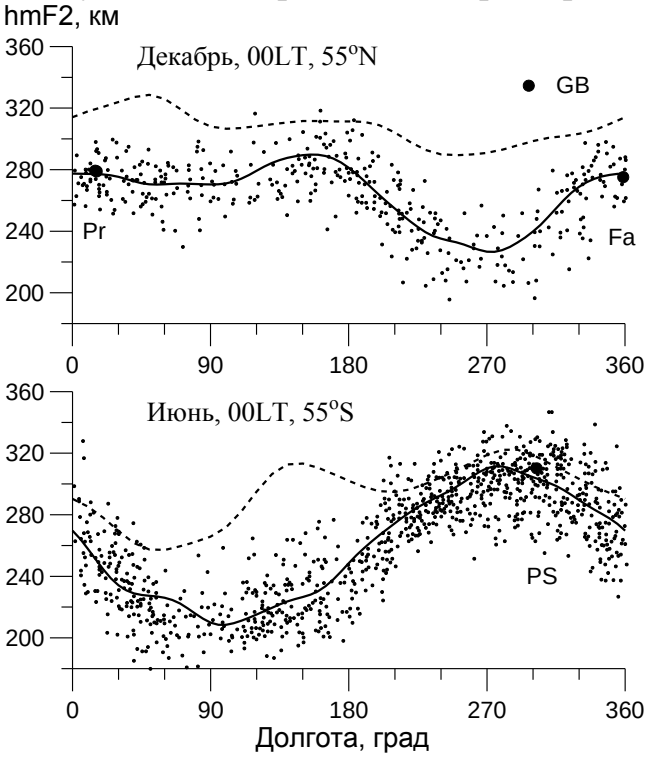


Рис.1. Долготные вариации hmF2 по данным радиозатменных измерений (точки) на широте 55 в северном (вверху) и южном (внизу) полушариях для условий местной зимы. Сплошная кривая – модель SMF2, штриховая кривая - IRI-2012.

Сравним новую модель с моделью IRI-2012, данными ИК-19 и наземными данными в Европейском и Азиатском секторах, где наземных станций относительно много – рис.2. Сравнение приведено для июня, полуночных и вечерних условий, когда экваториальная аномалия слабо и сильно развита соответственно. В Европейском долготном секторе 15ºE для сравнения были отобраны все доступные данные для близко расположенных станций Tromso (69.6), Juliusruh (54.6), Chilton (51.6), Dorbes (50.1), Sofia (42.7), DelEbre

(40.8), Ilorin (8.5) и др. Данные дигизондов были получены в основном в 2002 г. Из рис.2 видно, что над Европой данные спутникового и наземного зондирования согласуются очень хорошо. В экваториальной ионосфере IRI несколько переоценивает *hmF*2 по сравнению с новой моделью, к сожалению, данные станции Ilorin приближенные и не могут служить точным критерием в пользу той или иной модели. В южном полушарии наземных станций меньше и они скорее подтверждают новую модель, а IRI еще больше переоценивает значения *hmF*2. В Азиатском долготном секторе около 135 E для сравнения использовались данные станций Yakutsk (62.0), Magadan (60.0), Petropavlovsk (53.0), Anyang (37.4), Okinawa (26.7) и др. На самом деле при построении IRI в этом секторе было задействовано еще больше станций, видимо поэтому обе модели очень хорошо согласуются друг с другом, кроме высоких широт южного полушария в ночное время. При этом данные спутникового и наземного зондирования снова очень близки по значениям. Таким образом, большая работа по обработке данных ИК-19 сказалась на хорошей стыковке верхнего и нижнего профилей ионосферы.

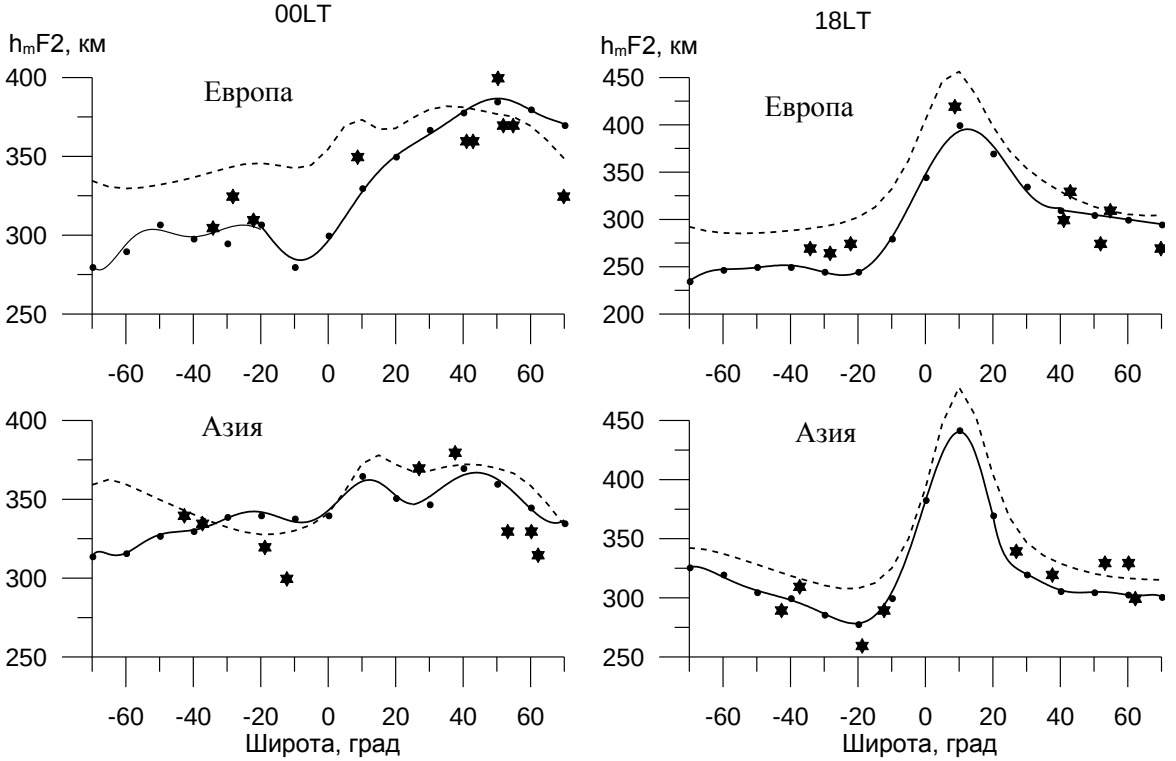


Рис.2. Сравнение новой модели (сплошная кривая) с моделью IRI (штриховая кривая), данными ИК-19 (точки) и данными дигизондов (звездочки) для высокой солнечной активности для ночных и вечерних условий.

Новая модель SMF2 подлежит всестороннему тестированию, которое будет проводиться многочисленными пользователями. Но для оценки качества массива данных покажем предварительные результаты тестирова-

ния, проведенные в рамках данной работы для высокой солнечной активности. Для количественной, интегральной оценки результатов сопоставления моделей со спутниковыми данными h_mF2 используются стандартное отклонение SD (в км), рассеяние сравниваемых величин SCAT (в км) и среднее относительное отклонение MRD в %.

$$MRD \quad \frac{1}{N} \sum_{i\ 1}^{N} \frac{\left|h_mF2_{\mathrm{mod}\,i} \quad h_mF2_{si}\right|}{h_mF2_{si}} 100\%,$$

где $h_mF2_{\mathrm{mod}\,i}$ – модель, h_mF2_{si}– спутниковые данные. Были рассмотрены результаты тестирования модели для июня. Проведено сравнение построенной глобальной медианной модели h_mF2 и модели IRI-2012 [http://omniweb.gsfc.nasa.gov/vitmo/iri2012_vitmo.html] с экспериментальными данными для высокой солнечной активности. При этом максимальные стандартные отклонения глобальной медианной модели h_mF2 достигают 25 км, что больше, чем при низкой солнечной активности. Однако стандартные отклонения в модели IRI-2012 примерно в 2 раза больше. Среднее относительное отклонение при высокой солнечной активности примерно в 2 раза меньше, чем в модели IRI-2012.

4. ВЫВОДЫ

4.1. Полученная модель SMF2 дает основание для последующего ее использования в рамках решения широкого круга задач.

4.2. При этом сама по себе модель SMF2, как и построенная на ее основе глобальная модель ионосферы, не обеспечивают необходимой достаточно малой величины разброса результатов аппроксимации экспериментальных данных. Особенно это касается систем, предназначенных для решения специальных задач, включая в их число системы:

- воздушно-космической и противоастероидной обороны;
- оперативного прогноза состояния природных сред.

4.3. Данная модель является единственной из отечественных моделей, лучшей по качеству моделей класса IRI-2012.

4.4. Она представляет собой пример импортозамещения и при наличии соответствующей аппаратурно-программной базы может быть основой для создания глобальных информационных систем оперативного слежения за природными средами, включая ионосферу, а также оперативных прогноза и предсказания их состояния.

Библиографический список

Bilitza, D., Sheikh, N. M., Eyfrig, R., 1979. A global model for the height of the F2-peak using M3000 values from the CCIR numerical map, Telecom-

mun. J. 46, 549–553.

Dudeney J.R. The accuracy of simple methods for determining the height of the maximum electron concentration of the F2-layer from scaled ionospheric characteristics // J. Atmos. Terr. Phys. 1983. V.45. P.629–640.

Jones, W.B., and Gallet, R.M. Representation of diurnal and geographical variations of ionospheric data by numerical methods. ITU Telecommun. J. 29 (5), 129–149, 1962.

Nsumei P.A., Bodo W. Reinisch B.W., Xueqin Huang X., Bilitza D. Comparing topside and bottomside-measured characteristics of the F2 layer peak. Advances in Space Research 46 (2010) 974–983.

УДК 699.84

ПРОВЕДЕНИЕ СЕЙСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ДЛЯ ОЦЕНКИ ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОСОБО ОТВЕТСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ ПО ОПЫТУ РАБОТ ИНСТИТУТА ДИНАМИКИ ГЕОСФЕР РАН

Адушкин В.В., Кочарян Г.Г., Кишкина С.Б.
ИГД РАН, Москва, Россия

Экологический мониторинг и прогнозирование состояния геологической среды в крупных городах и на особо ответственных объектах — одно из перспективных направлений научных исследований в России, отвечающих за геодинамическую безопасность страны.

Развитые страны идут по пути развития своих и международных сейсмологических систем наблюдения. В первую очередь результаты такого глобального мониторинга используются в научных целях: основная сейсмологическая задача человечества – надежное предсказание землетрясений — до сих пор не решена. Еще одна важная задача — сейсмическое районирование территорий. Каждая страна стремится с максимальной детальностью очертить вероятные зоны сейсмической опасности и, соответственно, оценить сейсмический риск для своих территорий.

В отличие от многих развитых стран, сеть стационарных станций на территории России весьма редка. Согласно данным пятилетней давности (*www.seismo.lv*), Германия и Норвегия, например, имеют среднюю плотность сейсмических станций 4.5 и 3.9 на 10 000 км^2 соответственно; это одни из лидеров в сейсмологическом мониторинге не только Европы, но и всего мира. Для европейской части России (ограниченной с востока на уровне 42^{o}в.д., т.е. на уровне нижегородской области) аналогичный пока-

затель 0.275 *(www.seismo.lv)*.

Однако решение фундаментальных научных задач и оценка сейсмического риска территории всей страны — это только одна сторона вопроса, глобальная. Не менее актуальны и вопросы необходимости локального сейсмологического мониторинга конкретных объектов. Но поскольку оснастить огромные малонаселенные и малоосвоенные области плотной сетью сейсмологических наблюдений невозможно, да и не нужно, первоочередной должна стать задача выявления потенциально опасных областей и — на следующем этапе — создание в этих областях постоянной системы, способной оперативно выявлять очаги и характер изменений в окружающей среде. Крайне важно решение вопросов безопасности объектов с потенциально высоким уровнем ущерба даже для опасностей с малой степенью вероятности.

Нормативными документами в области использования атомной энергии даже для слабоактивных территорий регламентируются требования к безопасному размещению объектов использования атомной энергии (ОИАЭ) с учетом землетрясений и связанных с ними явлений и контролю стабильности параметров сейсмических воздействий, учитываемых при обосновании сейсмостойкости, при сооружении, эксплуатации и выводе объектов из эксплуатации. Важнейшая роль в решении данной проблемы отводится локальным мониторинговым сейсмическим наблюдениям в районе размещения ОИАЭ, их интеграции в региональную сейсмологическую сеть Геофизической службы России.

Одна из областей России с достаточно высокой концентрацией таких объектов — это территория Восточно-Европейской платформы (ВЕП), работа на которой определяет условия установки сейсмической аппаратуры на мощных отложениях рыхлых осадочных пород. Отметим, что при регистрации сейсмических колебаний грунта датчики стараются устанавливать на выходах коренных пород, т.к. наиболее выгодной — особенно с точки зрения обнаружения слабых сейсмических сигналов, — является установка первичных преобразователей на крепких горных породах. При наличии же мощных отложений рыхлых пород существенно вырастает уровень микросейсмических шумов, изменяется форма сигнала от датчика к датчику. Кроме того, практически вся территория ВЕП густо населена, что резко повышает число антропогенных помех: авто и железные дороги, промышленные предприятия и т.д. В таких сложных для сейсмологических наблюдений условиях вероятность обнаружения слабого сейсмического сигнала одиночными станциями резко падает. Тогда как именно слабые события представляются наиболее вероятными для территории ВЕП.

Улучшить качество выделения слабых сигналов и повысить вероятность определения типа сигналов (землетрясение/взрыв) может метод группирования, который эффективно работает в мировой практике уже бо-

лее полувека. Группирование предполагает площадную расстановку N сейсмических датчиков. Повышенная чувствительность сейсмических групп достигается за счёт одновременной обработки всех сигналов, регистрируемых имеющимся набором сейсмоприёмников. Один из наглядных методов многоканальной обработки — суммирование записей, вследствие чего шум подавляется, а сигнал становится более выраженным, т.е. соотношение сигнал/шум возрастает в несколько раз.

Важным преимуществом используемой методики является также возможность уверенного распознавания антропогенных источников сейсмических сигналов. В первую очередь это касается такого распространенного для ВЕП источника как взрыв. Энергетический класс сигналов от карьерных взрывов весьма близок по своим параметрам к сигналам от местных землетрясений, вследствие чего сейсмические события, вызванные карьерными взрывами, нередко попадают в сейсмические каталоги землетрясений.

ИДГ обладает уникальным для нашей страны опытом работы малоапертурных сейсмических групп в условиях мощных осадочных пород. В первую очередь – это долговременная работа сейсмической группы “Михнево” Института Динамики Геосфер РАН, которая позволила выработать методические подходы к организации сейсмического мониторинга особо ответственных объектов базе малоапертурной сейсмической группы. Начиная с 90-х годов, ИДГ РАН проводились работы по сейсмическому мониторингу площадок строящихся и проектируемых АЭС, а также других особо ответственных объектов.

В среднем метод малоапертурной сейсмической группы позволил обеспечить чувствительность наблюдений для источников сейсмических событий с магнитудами M> 2.5 на расстоянии 280-300 км; с магнитудами M> 1.5 — на расстояниях 90 км; для слабых событий с магнитудами M> -0.5 — на расстояниях до 5 км.

Сегодня потенциальная сейсмическая опасность значительных территорий, ранее считавшихся абсолютно безопасными, существенно повысилась; в первую очередь это касается регионов активной разработки полезных ископаемых. Но сюда попадают и густонаселенные районы, так что должны быть строго определены требования к обеспечению наблюдений за сейсмическим режимом, предполагающие организацию и проведение непрерывных мониторинговых сейсмологических наблюдений для определения долгосрочных параметров сейсмического режима малоосвоенных и малонаселенных территорий, контроля стабильности параметров сейсмического режима во времени и изучения природы взаимосвязи тектонических, геодинамических и сейсмических процессов для прогноза катастрофических событий.

УДК 535.4

ВОЛОКОННЫЙ ИНТЕРФЕРОМЕТР ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ ВЫСОКОЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ В УСЛОВИЯХ ПОМЕХОВОЙ ОБСТАНОВКИ

Фадеев А.И., МГТУ МИРЭА, ***МГТУ МИРЭА, Москва, Россия***

Волоконные интерферометры нашли широкое применение в разнообразных оптических устройствах сбора, передачи и обработки информации. Оптические интерферометрические методы измерений давно применяются в науке и технике. Успешное развитие волоконной оптики привело к появлению нового класса интерферометров – волоконно-оптических интерферометров, обладающих целым рядом особенностей и уникальных свойств. Появление волоконных интерферометров стимулировало развитие нового направления оптических измерительных устройств и систем, перспективных для практического внедрения, разработку новых эффективных методов обработки интерференционных сигналов.

В традиционных оптических интерферометрах лучи между отражающими и делительным зеркалами распространялись в среде, находящейся между этими элементами. Дополнительно направляющей системой могли быть такие элементы как линзы (объективы), призмы, зеркала и т.д. С появлением оптических волокон стало возможным использовать в качестве направляющей среды распространения луча между точками разделения/сведения (либо отражения) световод. Основные принципы работы волоконных интерферометров в существенной мере повторяют принципы действия традиционных оптических интерферометров, однако у волоконных схем есть множество особенностей, связанных со свойствами оптических световодов.

Результат действия интерферометра так же может изменяться во времени как следствие тех или иных воздействий на интерферометр, на чем и основаны его измерительные возможности.

Изменения сигнала интерферометра во времени вызываются, прежде всего, изменением от внешних воздействий разности фаз Δφ интерферирующих лучей

$$I(t) = I[\Delta\varphi(t)]$$

Интерференционный сигнал как функция разности фаз Δφ имеет осциллирующий характер, и, при достаточной когерентности источника становится периодической функцией Δφ. Поэтому сигнал имеет повторяющиеся экстремумы I_{max} и I_{min}, и при его описании можно использовать понятие контраста интерференционного сигнала

$$V = \frac{I_{max} - I_{min}}{I_{max} + I_{min}}$$

Сигнал волоконного интерферометра можно сравнить с изменением интенсивности в точке интерференционной картины объемной оптической схемы, в частности картины чередующихся светлых и темных полос. Поэтому при колебаниях сигнала интерферометра нередко употребляют выражение «сдвиг» сигнала и термин «интерференционная полоса», соответствующий изменению сигнала от одного максимума (либо минимума) до следующего, т.е. изменению Δφ на 2π, рис. 1 (левая часть).

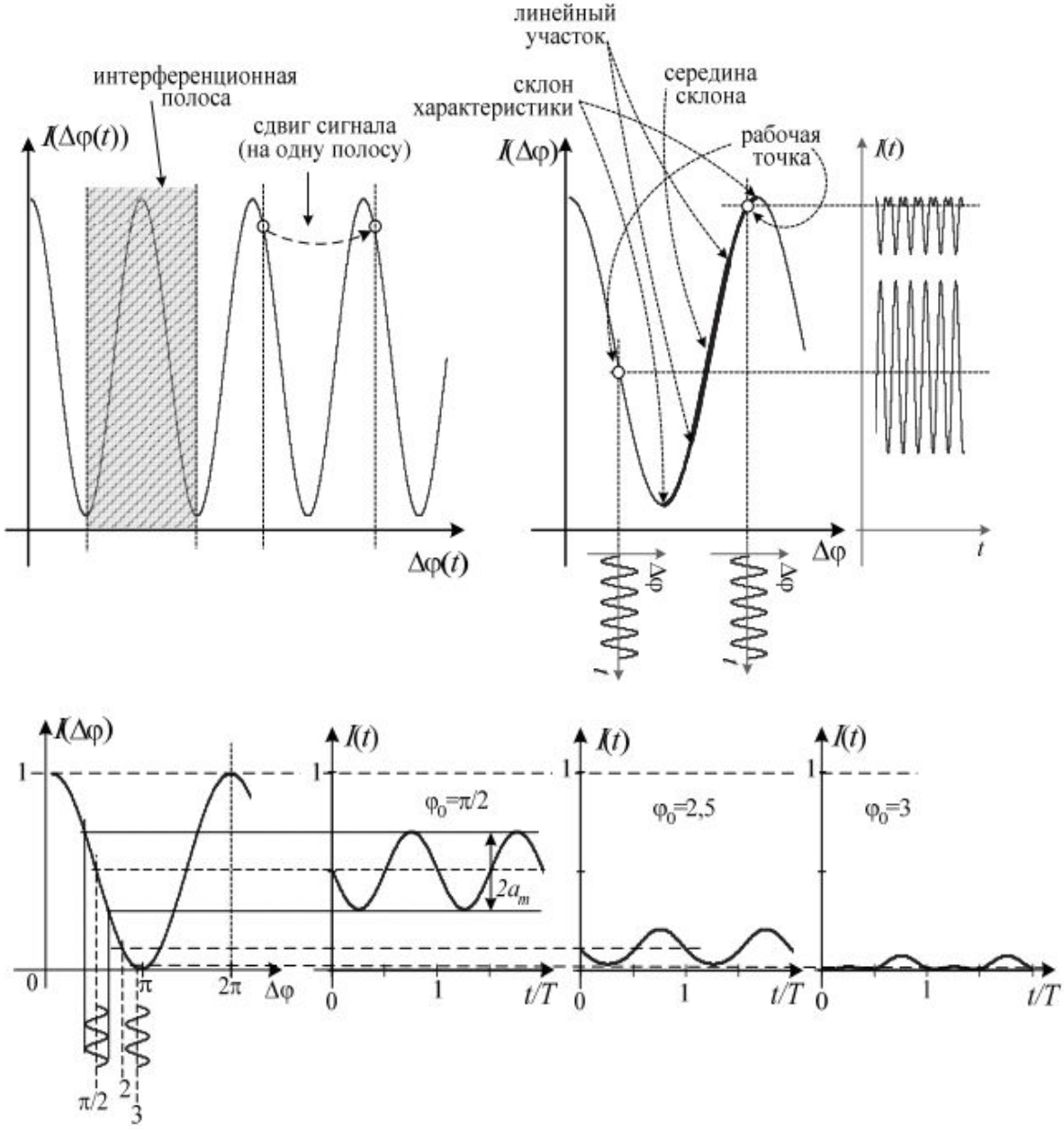


Рис. 1. Интерференционный сигнал как результат преобразования сигнала φ(t) в сигнал I(t) с передаточной характеристикой $I(\Delta\varphi)$.

При рассмотрении общих принципов формирования сигналов волоконных интерферометров, зависимость Δφ от времени может не конкретизироваться. Фактически рассматривается все та же характеристика – зависимость $I(\Delta\varphi)$, которая определяется самой схемой и не связана с динамикой воздействий. В этом смысле интерферометр можно рассматривать как преобразователь сигнала Δφ(t) в регистрируемый сигнал $I(t)$, а зависимость $I(\Delta\varphi)$ как функцию передачи интерферометрического преобразователя «разности фаз – интенсивность». Поэтому при анализе работы волоконных интерферометров используют такие понятия как «рабочая точка», «склон характеристики», а так же графические построения, принятые при рассмотрении преобразователя сигнала x(t) в сигнал y(t) с передаточной характеристикой y(x), рис. 1 (правая часть).

Источником излучения (рис. 2) является полупроводниковый лазер с прямой (внутренней) модуляцией и с распределенной обратной связью (Distributed Feedback, DFB), к которому присоединен SM пигтейл - отрезок одномодового оптического волокна (9/125 мкм) в буферном покрытии, оконцованный с одной стороны коннектором SC/APC.

В представленной схеме используется одномодовое волокно (SM), оконцованное SC-коннекторами, тип полировки наконечников APC (наконечники со скошенным торцом).

Разветвитель является аналогом делительных элементов (светоделительный кубик, светоделительная пластинка, делительные зеркала и т.д.) в классических интерференционных схемах.

Оптическая розетка предназначена для соединения волоконных световодов, подключение коннекторов осуществляется поступательным движением по направляющей к оптической розетке и фиксируется защелкиванием.

Почти всегда при применении волоконного интерферометра приходится учитывать дрейф рабочей точки. Дело в том, что фазовая задержка оптического излучения в волокне весьма чувствительна к внешним условиям и, в частности к температуре. При использовании в интерферометре волокон с длинами в десятки см. более, невозможно исключить влияние изменения внешней температуры на величину Δφ. За исключением случая, когда температура является измеряемым параметром, такое влияние является паразитным. В результате, при создании устройств на базе волоконных интерферометров приходится учитывать, что рабочая точка интерферометра (величина Δφ) не будет фиксирована, а может претерпевать медленный дрейф значительной величины (>>2π), вызванный измерением внешних условий, прежде всего тепловых. Для того, чтобы избежать дрейфа рабочей точки на измерительное плечо оказываем акустическое воздействие при помощи динамика и генератора сигналов, контроль рабочей точки осуществляется пьезокерамикой ЦТС-19, подключенная к источнику питания постоянного тока.

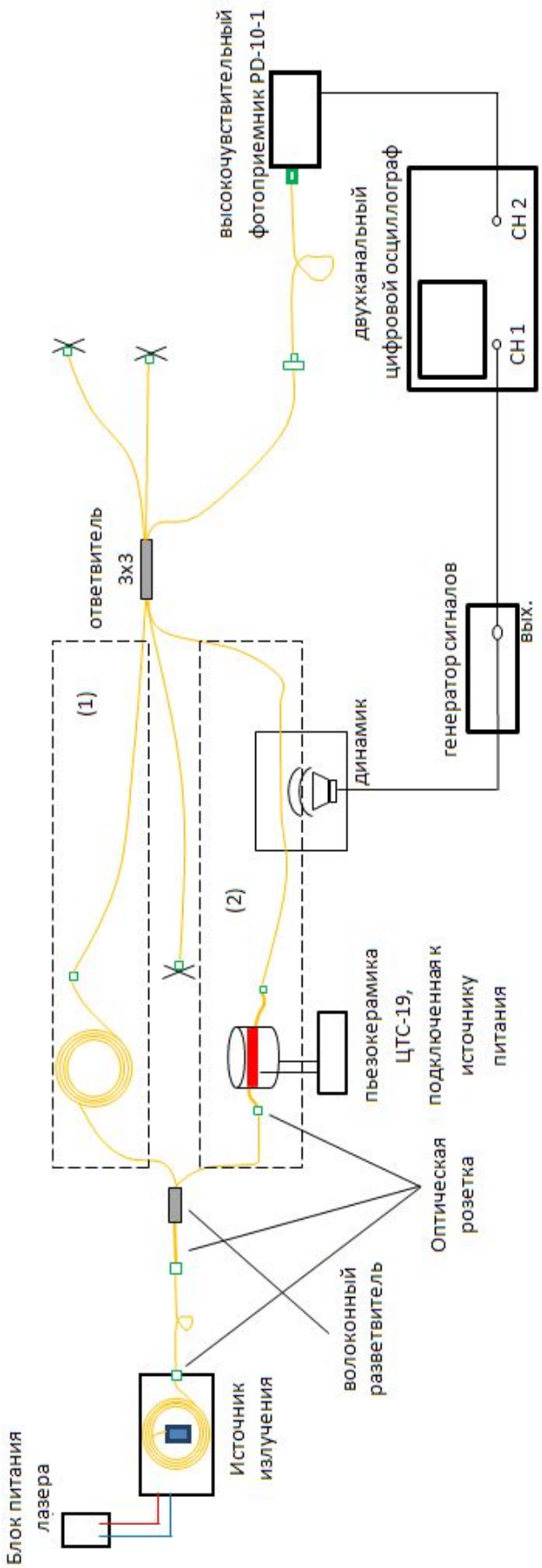


Рис 2. Оптоэлектронная схема установки:

Разветвитель 3х3 предназначен для сведения излучения волоконных плеч в выходной световод. После сведения загоняем излучение в высокочувствительное фотоприемное устройство PD-10-1, предназначенное для преобразование оптического сигнала в электрический, который мы наблюдаем на экране осциллографа.

УДК 614.875

ЗЕМНЫЕ И КОСМИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ БИОЛОГИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ ГИПОМАГНИТНЫХ УСЛОВИЙ

Труханов К.А.,
ГНЦ РФ - Институт медико-биологических проблем РАН
Москва, Россия

Вопросы биологического действия электромагнитных полей начали рассматриваться уже в конце XIX века, что было обусловлено интенсивным развитием электротехники. Отзвуки прозвучали в известной конкурентной борьбе создателей систем постоянного и переменного тока для электрификации городов.

Т. А. Эдисон, развивавший системы постоянного тока, полемизируя с Д. Вестингаузом – мл., развивавшим системы переменного тока, сравнивал постоянный ток с спокойно текущей полноводной рекой, а переменный – с горным бурным потоком, несущим опасности. Но в конкурентной борьбе победил Д. Вестингауз.

В XX веке появились законодательные ограничения на предельно допустимые величины переменных и постоянных электромагнитных полей, а в его конце возникла проблема биологического воздействия гипогеомагнитных условий - ГГМУ или гипомагнитных условий (ГМУ). Ее появление было вызвано широким использованием ферромагнитных материалов в технике и в строительстве, как надземном, так и подземном (здания из железобетона, экранированные помещения, бункера, метрополитен и т.п.). Все большее число людей стало подвергаться воздействию ГГМУ на производстве и в быту (см., например, [1, 2]).

В метрополитене проблема воздействия ГГМУ осложняется тем, что для питания подвижного состава используется постоянный ток, который потребляется составом от токового рельса, а возвращается в фидер по рельсовому пути. Создаваемые им магнитные поля накладываются на ГМП, ослабленное железобетонными конструкциями станции. При появлении состава на станции магнитное поле заметно меняется как по направ-

лению, так и по величине. Поезд уходит в туннель, исчезают огни последнего вагона, затихает шум, а поле остается измененным, пока состав не пойдет накатом или не переключится на другой фидер.

Краткий обзор ранних работ по биологическому действию ГГМУ содержится в работах [3, 4], а также в главе I монографии [5]. Более полный обзор этих работ содержится в монографии [6].

На человека длительное пребывание в пониженном ГМП действует отрицательно. В исследованиях, выполненных в Институте медицины Труда РАМН, выяснилось, что при систематической работе в ГГМУ особенно страдает нервная система [1, 2]. Наблюдается дисбаланс основных нервных процессов в виде преобладания торможения, удлинения времени реакции на появление объекта в режиме аналогового слежения и т.п. Страдает также сердечно - сосудистая система, иммунная система, система крови и другие. Исследования были подкреплены экспериментами на животных.

В исследованиях других авторов показано, что имеет место хроническое перенапряжение, болезни глаз, костно-мышечной системы и т.д.

В России впервые в мировой практике установлены ограничения на предельные величины ослабления ГМП.

В Санитарных Правилах и Нормах, действующих в настоящее время (СанПин 2.1.8/2.2.4.2489-09), предельно допустимый уровень ослабления ГМП по сравнению с уровнем на местности установлен равным:

-при работе более 2 ч за смену - 2,0;

-при работе до 2 ч за смену – 4,0;

-в помещениях жилых и общественных зданий - 1,5.

Развитие пилотируемой космонавтики привело к возникновению проблемы безопасности человека в космосе при воздействии на него электромагнитных факторов космического пространства и электромагнитных полей систем и аппаратуры пилотируемых космических кораблей, будущей базы на Луне и окололунных станций и станций на других небесных телах.

В межпланетном пространстве и на поверхности Луны и Марса магнитное поле на три-пять порядков ниже привычного геомагнитного. Кроме того оно лишено некоторых его колебаний (например, шумановских и регулярных), имеющих, по-видимому, биологическую значимость [7, 8].

В экспериментах, выполненных в ИОФ РАН [9], продемонстрировано, что гипомагнитные условия влияют на когнитивные функции человека.

В исследованиях Института биологии и биофизики (ИБиБ) Томского государственного университета (ТГУ) при участии ИМБП РАН наблюдали поведенческие реакции крыс-самцов в ГМП, ослабленном в 700-1000 раз [10-12]. Резко возрастала агрессивность животных, существенно сдвига-

лись биоритмы, возникали проблемы с памятью, наблюдались другие неблагоприятные явления.

Для пилотируемой космонавтики важным является и то, что при совместном воздействии моделируемой невесомости и ГМУ заметно уменьшается прочность костей по сравнению с воздействием только моделируемой невесомости (эксперименты на крысах).

Особенно действует на биологические объекты пребывание в ГМУ на стадиях развития.

Так, отмечалось воздействие сниженного на четыре порядка ГМП на развитие японского тритона. Пятидневная экспозиция личинок приводила в дальнейшем к неправильному формированию позвоночника и глаз и другим отличиям вплоть до появления двухголовых особей [13].

Наблюдались парезы ног и крыльев у 20-40% цыплят, вылупившихся в ГМП, ослабленном более чем в 500 раз [14].

Останавливалось развитие двухклеточных зародышей мыши в поле, ослабленном в 250 раз [15].

Исследования воздействия ГМП, ослабленного в 80-100 раз, на развитие эмбрионов японского перепела, выполненных ИМБП РАН совместно с НИИЯФ МГУ, показали, что при этом страдает сердечно - сосудистая система и некоторые другие системы [16]. Это необходимо принимать во внимание при создании замкнутых биорегенеративных систем жизнеобеспечения (БСЖО), предназначенных для дальних космических кораблей и для космических баз.

Особо отметим, что ГМУ действуют и на уровне клетки. Не исключено, что их воздействие происходит на всех уровнях организации живых систем.

Становится все более и более ясным, что ГМП важно для жизнедеятельности, по крайней мере, на основе белка.

Существенно, что имеется продвижение в объяснении возможных механизмов биологического действия гипомагнитных условий (работы[17, 18] и другие). Используются подходы на основе квантовой механики, физики колебаний и других дисциплин, хотя разные авторы нередко исходят из принципиально расходящихся посылок.

В доступной литературе практически нет работ по исследованию воздействия ГМУ на фоне переменных ЭМП. Это приводит к затруднениям при оценке безопасности человека в этих условиях: начиная от помещений, экранированных от ГМП и заполненных устройствами, создающими электромагнитные поля самых разных частот, и до пилотируемых полетов в дальнем космосе.

Почти нет работ по моделированию комбинированного воздействия электромагнитных факторов космического пространства и ЭМП, создава-

емых системами и аппаратурой на борту дальнего корабля, на фоне облучения космическими лучами и, в принципе, с учетом возможного модифицирующего влияния других факторов межпланетного полета.

В большинстве известных экспериментов эффекты воздействия при значительных величинах ослабления ГМП были более выраженными. К сожалению, почти отсутствуют эксперименты, выполненные в одной и той же лаборатории, на одних и тех же биообъектах, но при различной величине ослабления ГМП.

Постановка таких экспериментов крайне необходима, хотя и связана с известными трудностями, в том числе техническими.

При сопоставлении экспериментальных данных, полученных на различных биообъектах при одинаковых или разных величинах ослабления, создается впечатление, что существенной особенностью биологического действия гипомагнитных условий является полиэкстремальная зависимость тех или иных эффектов от величины ослабления. И кажущаяся противоречивость результатов экспериментов объясняется тем, что для разных биообъектов с разной степенью организации и из разных классов эта зависимость, скорее всего, неодинакова. Зависимость параметров так называемых омагниченных сред от величины омагничивающего поля, как известно, полиэкстремальна.

Некоторым подтверждением высказанного выше положения являются результаты, полученные при исследовании воздействия ГГМУ на плоских червей - планарий в работе [19]. При величине поля ± 5 нТл (т.е. при ослаблении ГМП в десять тысяч раз) интенсивность делений планарий не отличалась от контрольных значений. «При последовательном увеличении поля до 300 нТл отмечается выраженный и достоверный стимулирующий эффект…, который исчезает в диапазоне 400-600 нТл. Далее, с 800 нТл вплоть до 1500 нТл стимулирующий эффект снова проявляется. Дальнейшее увеличение поля до 3000 нТл (т.е. при ослаблении ГМП всего в 17 раз - К.Т.) приводит к исчезновению эффекта».

Возможность проявления полиэкстремальной реакции на величину ослабления ГМП исключительно важна. Исследования необходимо проводить во всем диапазоне ожидаемых величин ослабления поля и различных их длительностей.

Вероятно, именно проявлением такой зависимости объясняются результаты Д. Е. Байшера [208] (Beisher, 1965), впервые исследовавшего в середине 60-х годов воздействие резко ослабленного ГМП применительно к проблеме космических полетов, в частности по программе лунных миссий «Аполлон».

Регистрировались некоторые общие показатели жизнедеятельности. Были также проведены психофизиологические и психические обследования с использованием тестов, которые должны были выявить, влияют ли гипомаг-

нитные условия на высшую нервную деятельность. Каких-либо отклонений найдено не было за исключением некоторого изменения скотопической критической частоты слияния световых мельканий (ЧССМ). После прекращения воздействия гипомагнитных условий величина ЧССМ в течение несколько дней возвращалась к прежним значениям. Впрочем, в последующих сериях экспериментов «тесной связи между снижением величины ЧССМ и снижением напряженности магнитного поля» обнаружено не было.

Эти эксперименты, как и полеты по программе «Аполлон» (около 30 астронавтов побывало вне ГМП) показали, что кратковременное пребывание в «жестких» гипомагнитных условиях (длительность лунных миссий составляла 10-12 суток) по-видимому, не влечет за собой заметных последствий. Возможно, что такой результат был обусловлен как сравнительно малым временем пребывания в ГМУ, так и высоким уровнем здоровья астронавтов. Известен, тем не менее, один случай конфликта сразу после лунной миссии.

Данных о том, что происходит при длительном непрерывном пребывании человека в особо «жестких» гипомагнитных условиях, в литературе нет.

В результате исследований Д. Байшера вопрос, не осложнит ли отсутствие геомагнитного поля проведение дальних пилотируемых полетов и освоение Луны, долгое время не возникал.

С учетом новых данных эксперименты Д. Байшера необходимо повторить, причем с существенно большей глубиной исследования, при разной величине ослабления ГМП – равной, большей и меньшей тысячекратной, и различных длительностях.

Даже если при тысячекратном ослаблении подтвердится, что именно этот уровень «магнитного вакуума» не оказывает заметного воздействия на человека при его длительном нахождении в нем (т.е. проявляется предполагаемый полиэкстремальный минимум), то следует иметь в виду следующие важные для космонавтики особенности полета в дальнем космосе.

Величина «магнитного вакуума» в межпланетном пространстве непостоянна, зависит процессов на Солнце и может заметно меняться, самое малое, на порядок, а то и больше. Не исключено также, что для каких-то живых систем, которые будут являться обязательным элементом биорегенеративных систем межпланетных кораблей, этот уровень отнюдь не окажется полиэкстремальным минимумом.

Сказанное в той же мере относится к базам на поверхности небесных тел.

Таким образом, проблема длительного пребывания космонавтов вне привычного ГМП и воздействия ГМУ на БСЖО оказывается весьма значимой.

Следует подчеркнуть, что даже возможное существенное сокращение сроков межпланетного полета вследствие разработки и использования в космонавтике принципиально новых энергодвигательных систем не снимет проблемы воздействия гипомагнитных условий на экипаж и биореге-

нативные системы жизнеобеспечения корабля и баз на Луне и на Марсе.

Одно из возможных решений заключается в создании в обитаемом объеме, а также в БСЖО искусственного аналога ГМП. Для этой цели предпочтительно использовать электромагнитные системы. Как показал анализ, они будут обладать сравнительно небольшой массой, невысоким энергопотреблением и просты в регулировке, что облегчает выбор режима аналога ГМП. С их помощью в обитаемом объеме можно создавать колебания, имитирующие, например, регулярные пульсации и шумановские частоты, отсутствующие в межпланетном пространстве. Можно также создавать колебания частот, соответствующих тем частотам, которые при заданном уровне аналога ГМП будут «успокаивающими» для космонавтов (см., например, [12].

В работе [21] были рассмотрены различные соленоидальные электромагнитные системы, выполненных из отдельных витков (или коротких соленоидов), включенных последовательно. Однородность поля достигается оптимальным расположением витков по длине. При увеличении числа витков масса и энергопотребление системы при заданном поле уменьшаются, а его однородность существенно растет. Это обеспечивает достаточную свободу при проектировании.

Потребуется проведение углубленных медико-биологических и инженерных исследований для выбора возможных параметров и режимов работы аналога ГМП.

Необходим выбор требуемой минимальной напряженности поля и его однородности, а также его режима. Следует ли воспроизводить спектр колебаний и возмущений ГМП, и если да, то в каких диапазонах? Требуется ли поддерживать поле постоянно или его можно включать лишь на какое-то время суток?

При исследованиях на животных было отмечено, что прерывистое воздействие ГГМУ вызывало более выраженные эффекты со стороны отдельных систем организма, в особенности в начальный период проведения экспериментов.

Что касается будущих лунной и марсианских баз, то проблему воздействия гипомагнитных условий на персонал при пребывании на них можно решить аналогично, создав в их интерьерах аналог ГМП с помощью электромагнитных систем или систем на постоянных магнитах. Однако при выходах и работе на поверхности будет реализовываться режим прерывистого воздействия ГМУ, сходный с режимом людей, работающих в экранированных помещениях на Земле: нахождение в гипомагнитных условиях в течение смены, а остальное время – в обычных. Как показали проведенные нами проработки, в скафандрах для работы на поверхности Луны или Марса возможно создание индивидуальной системы аналога ГМП типа «кирасы» массой не более нескольких сотен грамм и с энерго-

потреблением несколько Ватт при напряжении питания несколько Вольт. Такие системы, по-видимому, могут использоваться и на космических кораблях, заменяя системы коллективной защиты.

Библиографический список

1. Походзей Л.В. Гипогеомагнитные поля как один из неблагоприятных факторов среды. // В материалах Международного совещания «Электромагнитные поля. Биологическое действие и гигиеническое нормирование». Ред. М.Х. Репачоли, Н.Б. Рубцова, А.М. Муц. Изд. ВОЗ. Женева. 1999. WHO/SDE/OEN/99.5. P. 237 – 246.

2. Походзей Л.В., Пальцев Ю.П., Рубцова Н.Б. Гипогеомагнитные поля как неблагоприятный фактор производственной среды и среды обитания. Итоги и перспективы исследований. Ежегодник РНКЗНИ за 2012 г. М. Изд-во АЛЛАНА. С. 69-82.

3. Дубров А.П. Геомагнитное поле и жизнь. Л. Гидрометеоиздат. 1974. 175 с.

4. Dubrov A.P. // Geomagnetic Field and Live. Geomagnetobiology. N.Y, L. Plenum Press. 1978. 310 p.

5. Нахильницкая З.Н., Климовская Л.Д, Смирнова Н.П., Стржижовский А.Д. Магнитное поле и жизнедеятельность организмов. Проблемы космической биологии. М.: Наука. 1978. Т. 37. 267 с.

6. Копанев В.И., Шакула А.Б. Влияние гипомагнитного поля на биологические объекты. Л.: Наука. 1985. 73 с.

7. Клейменова Н.Г., Троицкая В.А. Геомагнитные пульсации как один из экологических факторов среды // Биофизика. 1992. Т. 37. В. 3. С. 429-438.

8. Белишева Н.К., Попов А.Н., Петухова Н.К. и др. Качественная и количественная оценка воздействия вариаций геомагнитного поля на функциональное состояние мозга человека // Биофизика. 1995. Т. 40. В. 5. С. 1005-1012.

9. Саримов Р.М, Бинги В.Н., Миляев В.А. Влияние компенсации геомагнитного поля на когнитивные процессы человека // Биофизика. 2008. Т. 53. В. 5. С. 856-866.

10. Кривова Н.А., Труханов К.А., Замощина Т.А. и др. Повышение агрессивности крыс при экспозиции в условиях гипогеомагнитного поля // Авиакосм. и экол. мед. 2008. Т. 42, в. 6/1. С. 30-32.

11. Замощина Т.А., Кривова Н.А., Ходанович М.Ю., Труханов К.А. и др. Влияние моделируемых гипомагнитных условий дальнего космического полета на ритмическую организацию поведенческой активности крыс // Авиакосм. и экол. мед. 2012. Т. 46, в. 1. С. 17-23.

12. Кривова Н.А., Труханов К.А. Брать ли на Марс магнитное поле

Земли? Наука в России. Российская академия наук. 2010. Май-июнь. С. 4-9.

13. Asashima M., Shimada R., Pfeifer C.J. Magnetic shielding induced early developmental abnormalities in the Neut // Bioelectromagnetics. 1991. V. 12. P. 215-224.

14. Казначеев В.П., Михайлова Л.П. Биоинформационная функция естественных электромагнитных полей. Новосибирск.: Наука, 1985. 185 с.

15. Осипенко М.А., Межевикина Л.М., Крастс И.В., Яшин В.А. и др. Влияние "нулевого" магнитного поля на рост эмбриональных клеток и ранних зародышей мыши в культуре in vitro // Биофизика. 2008. Т. 53, №. 4. С. 705.

16. Труханов К.А., Гурьева Т.С., Дадашева О.А., Круглов О.С., Лебедев В.М., Спасский А.В. Эмбриогенез японского перепела в гипомагнитных условиях применительно к дальним космическим полетам // Радиационная биология. Радиоэкология. 2014. Т. 54. №2. С. 1-7.

17. Бинги В.И. //Магнитобиология. Эксперименты и модели. М.: МИЛТА. 2002. 502 с.

18. Бинги В.Н. Принципы электромагнитной биофизики. М.: Физматлит. 591 с.

19. Новиков В.В., Шейман И.М., Фесенко Е.Е. Влияние слабых и сверхслабых магнитных полей на интенсивность деления планарий // Биофизика, 2007, Т. 52, № 5, С. 912 -915.

20. Beisher D.E. et al. Exposure of man to low intensity magnetic fields in a coil systems // Joint Report. NAMI - 1018. NASA. Oct. 1967.

21. Луганский Л.Б., Труханов К.А. Создание аналога геомагнитного поля в обитаемом объеме межпланетного корабля // Авиакосм. и экол. мед. 2008. Т. 42, в. 6/1. С. 54-56.

СЕКЦИЯ 9. ПОДГОТОВКА ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КАДРОВ ДЛЯ НАУКОЕМКИХ ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

УДК: 378

РЕАЛИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ В РОССИИ

Водопьянова Е.В., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

За два последних десятилетия система отечественного высшего образования отчаянно пыталась сопротивляться давлению со стороны профильного министерства. Последнее требовало коммерциализации. Легче всего ее было осуществить посредством поощрения платности высшего образования во всех его формах. Так появились многочисленные коммерческие вузы, носившие преимущественно гуманитарный характер. С одной стороны, это было обусловлено модой на гуманитарные специальности, с другой – отсутствием ограничений по аккредитации и лицензированию, которые неминуемо возникли бы при создании негосударственного медицинского, либо технического вуза. В итоге сегодня, благодаря реализации подобной стратегии, страна получила множество неработающих по специальности юристов и экономистов, а также куда больший по сравнению с предыдущими поколениями россиян процент населения с высшим образованием, в значительной степени ставшим, как утверждают эксперты, не столько средством профессионализации, сколько инструментом социализации и одновременно в большей степени социальным «сейфом», нежели социальным лифтом. Новые явления, инициированные этим процессом, прежде всего связанные с превращением высшего образования в нашей стране в социальную норму и оказавшие существенное влияние на жизнь российского социума, впервые были зафиксированы 10 лет назад [1].

С этим нельзя не согласиться, однако данные оценки необходимо дополнить следующим.

Насаждение платного образования деформировало классическую мотивацию к знаниям как условию построения высокой профессиональной карьеры в будущем, выпускники отечественных школ в прямом смысле начали покупать «входной билет» в высшую школу и продолжали находиться в сходных демотивирующих условиях и в стенах вуза.

Если в 1990 г. в России было 2,8 млн. студентов, то в 2012 г. – уже более 6,3 млн. Аналогичная ситуация наблюдается во многих странах, осо-

бенно развивающихся. Наша специфика в том, что этот тренд наложился на тренд сокращения финансирования образования. Между тем, уже сегодня по расходам на обучение одного студента по отношению к подушевому ВВП наша страна уступает большинству стран-членов ОЭСР.

В результате практически неконтролируемого увеличения числа негосударственных вузов число людей с высшим образованием среди молодежи возросло в разы. Таким образом, в эпоху увлечения формальными параметрами эффективности в данной сфере, именно повышение этого показателя не потребовало от правительства практически никаких дополнительных финансовых вложений. Чего разумеется нельзя сказать о текущей весьма затратной Федеральной программе «5-100-2020» по финансированию усилий для вхождения пяти российских вузов в топ-100 мировых рейтингов высшего образования. Между тем, само сохранение в нынешнем виде сложившейся в России национальной системы высшего образования не требует дополнительных финансовых вложений и при этом делает уже решенной одну из «формально-рейтинговых» задач: увеличение до сравнимого с европейскими стандартами процента населения, имеющего высшее образование. Что же касается рейтингов, то нелепо пытаться вырваться вперед на единственном направлении, параллельно проигрывая по большинству других показателей глобального развития. При таком подходе дилемма Сколково vs Уралвагонзавод будет заведомо проиграна выпускниками вузов по обоим названным направлениям целевой профориентации специалистов с вузовским дипломом. Отметим, что ныне в России функционирует более 900 вузов и 1350 их филиалов, причем практически половине из них по результатам мониторинга-2014 было предписано повысить эффективность.

В 2014 г. Министерство образования и науки РФ сформулировало публичную декларацию целей и задач, студентам в ней, в той или иной мере, посвящено лишь три пункта:

– трудоустройство более 50% выпускников профессиональных образовательных организаций по специальности в течение одного года,

– прием на обучение по программам прикладного бакалавриата 7,3% от общего количества принятых на обучение по программам бакалавриата (за счет федерального бюджета),

– в ТОП-200 ведущих мировых университетов согласно одному из глобальных рейтингов должны войти два российских вуза.

Никто не знает сегодня, чем в организационном, а главное в содержательном смысле будет наполнена образовательная концепция «прикладного бакалавриата», однако и ее преподавательское и студенческое сообщество должны будут принять как данность.

Между тем, как бы ни относиться к изменениям в приоритетах данного ведомства применительно к результативности студенческого обучения, необ-

ходимо как минимум исходить из следующего. Во-первых, оставляя без внимания вопросы качества улучшения прежде всего школьного образования, мы не получим ожидаемых прорывов ни с кадрами для ОПК, ни для промышленности в целом. Во-вторых, стратегия управленческих новаций по отношению к вузам и студентам должна формироваться в направлении создания баланса между свободой и контролем. Вузы-однодневки закроются сами, их вынудит к этому демографическая ситуация, но при этом сохранятся и станут еще более востребованы вузы с историей и традициями, ведь страна завтра будет остро нуждаться в молодых профессионалах-сегодняшних студентах.

Решая эти задачи, не следует стремиться к закрытию по формальным критериям вузов (особенно призванных обеспечить реиндустриальное и постиндустриальное развитие России), а, напротив, следует менять прежде всего организационные формы обучения студентов. Так требует значительного расширения система непрерывного образования и, напротив, стоит кардинально уменьшить число студентов, обучающихся по программам очно-заочного, вечернего, заочного и дистанционного обучения (причиной их значительного развития в последние годы не в последнюю очередь стала меньшая на порядок стоимость этих форм высшего образования по сравнению с очным дневным образованием). Данные формы образовательного процесса не получили значительного развития в странах ОЭСР и этот момент в процессе работы над возвращением отечественному высшему образованию его прежнего престижа, разумно было бы учитывать.

Библиографический список

1. Доступность высшего образования в России / Отв. ред.: С.В. Шишкин. – М., 2004. – 500 с.

УДК: 316.3:174

МОДЕРНИЗАЦИЯ СОВРЕМЕННОЙ РОССИИ И ФОРМИРОВАНИЕ ЭТОСА ПРОФЕССИОНАЛА

Верезгова И.В., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Перед современной Россией остро стоит вопрос экономической модернизации. Однако никакая модернизация без подготовленных кадров в технических областях просто невозможна. Нельзя освоить высокотехнологичное оборудование без специалистов по его эксплуатации. Переход к инновационному способу общественного развития ставит перед высшей школой проблему подготовки профессиональных кадров, способных осу-

ществить модернизацию российской экономики.

Профессионализм определяется тремя составляющими: знаниями, практическим опытом и навыками. Способ применения этих знаний и навыков во многом определяется этосом. Этос – совокупность ценностей и норм, которые являются определяющими при принятии решений в профессиональной деятельности специалиста.

Этос профессионала, включающий определенный набор стереотипов поведения, традиций, ценностей может как способствовать социальному, экономическому и культурному прогрессу общества, так и тормозить его развитие, продвижение вперед. Преобладание экономической составляющей этоса может привести к ущербу социальной, а неразвитость социальной составляющей приводит к экономическому упадку. Любая профессиональная деятельность имеет социальные функции. Ее оценка обусловлена, во-первых тем, какую пользу она приносит в ходе развития общества и во-вторых, что она дает человеку. Развитый этос позволит гармонизировать экономическую и социальную составляющие профессиональной деятельности.

Каковы должны быть базовые составляющие этоса профессионала, способствующие дальнейшему социально-культурному, экономическому и научно-техническому прогрессу общества. Это, прежде всего, компетентность, связанная неразрывно с качественным образованием и постоянным самообразованием специалиста. Компетентность определяется наличием специальных знаний и практических навыков. Такого специалиста отличают, прежде всего, понимание целей деятельности, умение анализировать ситуацию, способность видеть проблемы и определять пути их разрешения, быть восприимчивым к новизне и изменениям. Она предполагает качество, как процесса, так и результатов работы. Ориентация на эффективность собственной деятельности важнейшая составляющая профессионализма.

Современному специалисту требуется постоянно совершенствовать свою квалификацию, адаптироваться к новым технологиям, воспринимать новые научные направления и тенденции. Как отмечается в Уставах о службе гражданской (1832), «главная обязанность каждого служащего есть знать свое дело и исправлять оное верно и прилежно» [4. С. 422].

Также этос профессионала предполагает обязательность, как гарантию неуклонного выполнения поставленных задач. Важная составляющая профессиональной подготовленности состоит в добросовестности в выполнении обязательств, что гарантирует обеспечение принципа двусторонней симметричной коммуникации. Важнейшим качеством этоса профессионала должно быть законопослушание – необходимое условие позитивного развития, качество дефицитное в современном российском обществе. Также в основе этоса профессионала должно быть самоуважение и уважение к другому, толерантность и др.

С нашей точки зрения, такое качество как ответственность также яв-

ляется необходимым для этоса профессионала. И прежде всего – ответственность за результаты своего труда. Как писал Б. Брехт, обращаясь к исследователям: «Со временем вам, вероятно, удастся открыть все, что может быть открыто, но ваше продвижение в науке будет лишь удалением от человечества. И пропасть между вами и человечеством может оказаться настолько огромной, что в один прекрасный день ваш торжествующий клич о новом открытии будет встречен всеобщим воплем ужаса» [1].

Вместе с тем важным качеством этоса профессионала является креативность. Умение работать с информацией, открытость, способность услышать иное, отличное от твоего мнение, воспринимать альтернативную точку зрения – все это отличает творческого человека. Творчество и вера в возможность разрешения любых проблем, потребность в переменах, и умение порывать с традициями, воспринимать новаторские решения, необходимы в условиях социально-технической модернизации общества.

Среди составляющих этоса профессионала должны быть и такие качества как дисциплина и самоконтроль, целеустремленность и другие.

Методы трансформации этоса многообразны. Во многом их выбор зависит от конкретно-исторических условий, от тех требований, которые предъявляются к обществу на данном этапе развития. Среди таких методов: создание новых идеологем, традиций, образцов поведения. Важную роль в формировании этоса играют профессиональные и организационные кодексы. Они представляют собой систему правил, принятых конкретным сообществом. Как справедливо отмечает А.И. Пригожин, главная цель кодексов претвориться в нормы жизни, в привычки [3]. Немаловажную роль может сыграть классический «принцип авторитета» и другие методы.

Безусловно, изменение этоса процесс длительный, многотрудный, но контролируемый. Конечно, некоторые качества формируются стихийно под воздействием каких-либо объективных или субъективных факторов. Но все же этот процесс может быть подконтролен власти. Целенаправленное формирование этоса профессионала важнейшая задача на современном этапе становления информационного общества в России. Без решения этой проблемы невозможно будет провести модернизацию российского общества.

Библиографический список

1. Брехт Б. Жизнь Галилея. – М., 1972. С. 777.
2. Капто А.С. Профессиональная этика. – М. – Ростов н/Д.: Изд-во СКАГС, 2006. – 800 с.
3. Пригожин А.И. Методы развития организаций. – М., 2003.
4. Свод законов Российской Империи, повелением Государя Императора Николая Павловича составленный. Часть третья. Уставы о службе гражданской. – СПб., 1832.

УДК: 378.147

НРАВСТВЕННОЕ ВОСПИТАНИЕ СТУДЕНТОВ НА ПРИМЕРЕ БЛАГОТВОРИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЕЙ

Гладышева Е.В., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

В настоящее время наша страна остро нуждается в развитии промышленности, науки и техники. В современную научно-исследовательскую работу включается и экономический аспект – предпринимательская деятельность, связанная с получением и выполнением грантов, заказов. Современной отечественной экономике, так же как и инженерной деятельности, требуются нравственные основания. В этом году впервые в рамках XXIII Международных Рождественских образовательных чтений секция “Православие и духовно-нравственные основы в экономике, предпринимательстве, торговле, политике и культуре России» проходила в Российском Экономическом университете им. Г.В. Плеханова. Ректор РЭУ им. Г.В. Плеханова, доктор экономических наук Виктор Иванович Гришин, в своем выступлении подчеркнул иллюзорность представления, когда на первое место в иерархии ценностей ставится экономика, а на второе – духовность. «Там, где экономика, в первую очередь должна быть духовность. Если нет стремления к добру, происходит разложение человека. Нужны духовные скрепы, чтобы деньги работали на благо людей и страны». Представляется, что эти слова можно отнести и к предпринимательской, и к научно-исследовательской деятельности. В профессии инженера нравственность играет не меньшую роль, чем в деятельности врача, учителя или экономиста.

Для нормального и успешного функционирования экономики, предпринимательской деятельности необходимо восстановление доверия между людьми. Годы перестройки подорвали систему нравственных деловых отношений [1]. Т.к. любая деятельность в обществе носит общественный характер, доверие необходимо для продуктивных многосторонних отношений. В связи с этим интересно сообщение заведующего кафедрой философии РЭУ им. Г.В. Плеханова М.И.Ивлевой о том, что на всех факультетах Экономического университета кафедра философии читает спецкурс «Этика деловых отношений».

В этой связи положительный пример из истории благотворительной деятельности отечественных предпринимателей будет способствовать восстановлению исторической памяти и созданию положительных образцов для подражания у современной молодежи. В РЭУ им. Плеханова бережно сохраняют память о промышленниках, создавших этот институт. В холле

висит большой портрет Алексея Семеновича Вишнякова (1859-1919) – российского предпринимателя, финансиста, основателя Московского коммерческого института (ныне РЭУ им. Г.В. Плеханова). В музее, рассказывающем об истории этого учебного заведения, на стендах можно прочитать о том, что все затраты, связанные с организацией и содержанием коммерческого института и коммерческого училища, покрывались за счет частных пожертвований. Приведено высказывание А.С.Вишнякова: «Создавая коммерческие учебные заведения, я делаю огромное дело. Сознаешь, что не даром прожил свою жизнь». Основная мысль, звучащая на конференции в РЭУ им. Плеханова: успешная экономика невозможна без твердых нравственных принципов. Сейчас часто говорят о «Русском экономическом чуде» на рубеже XIX-XX вв., когда во всю мощь проявились творческие, научные, изобретательские таланты русского человека. Оно не было бы возможно без твердых нравственных принципов (купеческое слово, благотворительность, взаимовыручка и др.) первых отечественных предпринимателей, которые в основном были выходцами из крестьянских слоев, воспитанными в традиционной православной культуре [2].

Несомненно, вызовет уважение у студентов технических специальностей факт вложения предпринимателями средств в развитие отечественной науки и техники. Показателен пример почетного гражданина Вологды купца первой гильдии Христофора Леденцова (1842-1907), которого часто называют русским Нобелем. Решив заняться меценатством, он сразу четко наметил себе программу деятельности: «Я не хочу дела благотворения, исцеляющего язвы людей, случайно опрокинутых жизнью, я ищу дела, которое должно коснуться самого корня человеческого благополучия» [3. С. 379-380]. Христофор Семенович Леденцов организовал «Общество содействия успехам опытных наук», заложил в него уставной капитал и выбрал энергичных, ответственных ученых для реализации идей фонда. Это общество субсидировало самые перспективные научные программы. При его поддержке была создана лаборатория академика И.П.Павлова в Колтушах, аэродинамическая лаборатория Н.Е.Жуковского в Высшем Техническом училище, физическая лаборатория профессора П.Н.Лебедева (будущий ФИАН). Общество оказывало материальную поддержку Алексею Чичибабину в изучении отходов от переработки нефти, в частности получении из них медицинских препаратов; химику-изобретателю московской фабрики «Богатырь» Ивану Остромысленскому, работавшему над проблемой получения каучука и превращения его в резину. Фонд Леденцова поддерживал изыскания В.И.Вернадского по обнаружению первых урановых месторождений в России, материально помогал К.Э.Циолковскому. С началом Первой мировой войны значительную часть средств общество Леденцова направляло на исследование и приготовление остродефицитных медикаментов. Субсидировались и проводимые в 1916-

1917 гг. опыты по получению новокаина. Из капиталов Леденцова финансировались Московский университет и Техническое училище. Финансовые вложения Леденцова в русскую авиацию позволили теоретически и практически заложить фундамент всего будущего воздухоплавания вплоть до освоения космического пространства. Выиграл бы СССР войну с Германией, если бы не было авиации, если бы не было мецената Х.С.Леденцова, и были бы мы первыми в космосе? Вряд ли. Идеей Христофора Семеновича было создать уникальную выставку достижений науки и техники, и эта идея затем осуществилась в советское время – появилась ВДНХ, павильоны которой, кстати, по архивным документам, начали строиться на национализированные финансы Леденцовского фонда. В 1914 году фонд профинансировал разработки ученых по созданию водохранилищ нашей страны. В результате этого грандиозного проекта реки должны были превратиться в источники электрической энергии. Эта идея потом очень понравилась большевикам и была реализована как всем известный план ГОЭЛРО [3. С. 379-381]. Дмитрий Павлович Рябушинский (1882-1962) был не только представителем крупнейшей купеческой династии, но и крупным ученым в области гидроаэродинамики, основателем Аэродинамического института в Кучино под Москвой. В 1918 г. этот институт по его просьбе национализировали и переименовали в Московский институт космической физики. В дальнейшем Д.П.Рябушинский был вынужден эмигрировать, но все годы, проведенные за рубежом, он преследовал главную цель своей жизни – увеличивал русский вклад в мировую науку.

В начале XX века Россия вырвалась вперед в самолетостроении. Самолеты конструктора Игоря Ивановича Сикорского (1889-1972) со звучными названиями «Илья Муромец» и «Русский витязь» по дальности полета и грузоподъемности превосходили все иностранные модели. В то время Д.И.Менделеев совершил уникальные открытия в химии, Е.А. Яковлевым был сделан первый отечественный автомобиль, Загряжским изобретен первый гусеничный движитель, Шухов соорудил первые отечественные доменные и мартеновские печи и нефтяные насосы, Попов изобрел радиоприемник, Голубицкий – телефон, Лодыгин – вертолет с электрическим двигателем. Перечень научных открытий XX и XXI вв.: кабельная телефонная линия, оптический прицел, ранцевый парашют, водолазный аппарат, синтетический каучук, электросварка, искусственный спутник, лазер, персональный компьютер, телевизор, все это – изобретения русских ученых. Все это выросло не на пустом месте, а на фундаменте, заложенном в дореволюционной России. И хотя образование в дореволюционной России было платным, существовало огромное количество благотворительных стипендий для одаренных учеников в разных областях науки и техники [3. С. 385-386]. Мы видим, как духовно-нравственные основания отечественных предпринимателей помогали не только процветанию их собственного

дела, но и развитию отечественной науки и техники.

Сегодня российские ученые продолжают поражать мир своими открытиями. Но российская наука ныне переживает не лучшие времена. Существенно снизилось ее финансирование, что привело к оттоку талантливой молодежи в более прибыльные секторы экономики. Но она не утратила способности генерировать новые идеи и получать превосходные результаты. Поддержка научных кафедр, талантливых студентов, оснащение научных лабораторий, финансирование перспективных научных проектов может дать удивительные результаты. Сегодня также существуют предприниматели, занимающиеся благотворительной деятельностью. Например, бывшие выпускники Московского физико-математического лицея «Вторая школа» поддерживают развитие его материальной базы, частично или полностью оплачивают поездки в учебные лагеря ее ученикам.

Кафедра философии, социологии и политологии МГТУ МИРЭА не первый год организует экскурсии студентов в Московский музей предпринимателей, меценатов и благотворителей, где директор музея Елена Ивановна Калмыкова рассказывает об основах предпринимательства, благотворительной деятельности и этических принципах первых российских купцов и промышленников. Надо сказать, что сам музей является примером современной благотворительности: около 20 лет он существует «благодаря помощи тех, кто понимает, что сохранение истории необходимо для построения будущего России. Тем более, истории созидания, традиций благотворительности и меценатства». На сайте приведен список благотворителей, оплачивающих арендную плату здания музея (за 2014-2015 гг. – 119 пожертвований) [4]. У студентов всех институтов МГТУ МИРЭА эта экскурсия вызывает большой интерес, т.к. с предпринимательством будут связаны не только студенты института экономики и управления, но и института РТС и др. После экскурсии студенты пишут отзывы, которые ежегодно размещаются на сайте кафедры философии, социологии и политологии [5].

Важно учить студентов конкретными историческими примерами, добрыми делами реальных людей. Восстановление исторической памяти и нравственных традиций народа очень важно сегодня, когда вновь возрождается и инженерная, и предпринимательская деятельность, складывается новая инфраструктура инженерной профессии.

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. Чумаков В.Ю. Русский капитал. От Демидовых до Нобелей. – М.: ЭНАС, 2008. – 336 с.

3. Шарапов С., Улыбышева М. Бедность и богатство. Православная этика предпринимательства. – М.: Ковчег, 2013. – 416 с.

4. Сайт Музея предпринимателей, меценатов и благотворителей // http://muzeum.me/ (дата обращения 14.03.2015).

5. Сайт кафедры философии, социологии и политологии МГТУ МИРЭА // http://www.philosophy.mirea.ru/ (дата обращения 15.03.2015).

УДК: 378

НЕДОБРОСОВЕСТНАЯ КОНКУРЕНЦИЯ – ОДНА ИЗ ПРОБЛЕМ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ В РОССИИ

Григоренко О.В., Жемерикина Ю.И., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия
Жемерикин О.И., ГБОУ ВПО МО «Академия социального управления», Москва, Россия

Термин «конкуренция» произошел от латинского слова «concurrentia», что в переводе означает «сталкиваться»; в большинстве современных наук конкуренция определяется как: 1) борьба за что-либо; 2) соперничество, соревнование.

На сегодняшний день ученые установили, что конкуренция в инженерно-техническом образовании бывает двух видов: добросовестная (соревновательная, честное ведение борьбы) и недобросовестная (хищническая, ведение борьбы нечестными способами). Самым ярким методом добросовестной конкуренции является соревнование – это метод направления естественной потребности школьников к соперничеству и приоритету на воспитание нужных человеку и обществу качеств.

Примеры недобросовестной конкуренции можно встретить в фольклоре разных стран мира: в пословицах «Научил на свою голову»; «Пригреть змею на груди»; «Всяк мастер на выучку берет, да не всякий доучивает»; китайская пословица «Разрушения от взращенного тигра» и т.д. Тема помехи обучению и троянское обучение представлена в сказках: Снежная королева учит Кая складывать льдинки в слова, чтобы он забыл семью и остался с ней; лиса учит волка ловить рыбу на хвост и т.п. Также в современных художественных фильмах и книгах просматриваются методы недобросовестной конкуренции.

Сегодня в научной литературе описано большое количество примеров недобросовестной конкуренции. Так, к помехам учебной деятельности относится охрана секретов. Во многих частных компаниях, новым сотрудником дают не всю информацию о положении дел. Опытные сотрудники стараются недоучивать новичков, чтобы не воспитать себе конкурента.

Иногда помехами в обучении становятся косвенные участники образовательного процесса – это администрация вуза, не закупающая современное оборудование и учебные издания [Жемерикина, 2011, с. 312-318]

Недобросовестная конкуренция является малоизученным феноменом. Основными методами, которой выделяется *противодействие обучению* и *троянское обучение*. Противодействие характеризуется помехами учебной деятельности. Троянское обучение – это скрытое, неявное для обучаемых обучение их тому, что организатор обучения считает необходимым для достижения своих целей. «троянского обучения»: *непреднамеренное и преднамеренное*. Преднамеренное троянское обучение разделяется на две разновидности: *преднамеренное с «добрыми намерениями»* и *«со злым умыслом»*.

На сегодняшний день троянские технологии развиваются не только в классическом образовании, но и в новом перспективном направлении образовании – дистанционном.

Также троянские технологии можно встретить в интернете, где находится огромное количество информации, достоверность которой никто не обеспечивает и не гарантирует. Поиск по заданной теме покажет множество ссылок с разными взглядами и мнениями, часто противоположными. Поэтому обучаясь в учебном заведении или изучая информацию самостоятельно во всемирной паутине нужно помнить, что информация является источником дохода, поэтому к выбору ее нужно подходить осознанно и тщательно. Достоверность по возможности уточнять в разных источниках.

Таким образом, по результатам проведенного исследования, можно сделать вывод о том, что в настоящее время в процессе обучения действительно имеет место такое явление как недобросовестная конкуренция. Она проявляется в самых разных группах людей. Часто такой вид конкуренции имеет вид от простого подшучивания над соперником до аморальных тактик ведения борьбы. Все эти способы ведения борьбы переносятся в культуру поведения современного студента. «Какими бы мотивами человек ни руководствовался в своей деятельности, скрытыми или явными, в терминах какой бы науки эти мотивы ни описывались все это фиксируется в культуре. При этом культура понимается не просто как продукт материально-эстетических отношений, но и как некая особая сфера духовного» [Гайдамашко, Кандыбович 2014, с. 44].

Библиографический список

1. Гайдамашко И.В., Пугачева Е.В., Жемерикина Ю.И. Конкурентная среда – основной фактор влияния на процесс допрофессионального развития человека // Человеческий капитал. – 2014. – №3. – С.40-45.

2. Гайдамашко И.В., Кандыбович С.Л. Психологическое здоровье человека: Учебное пособие. – М.: Изд-во ООО "ПКЦ Альтекс", 2014. – 284 с.

3. Жемерикина Ю.И. Современная проблема высшего образования в России – недобросовестная конкуренция //Сибирский педагогический журнал. – 2011. – №10. – С. 312-318.

УДК:658.336

ФОРМИРОВАНИЕ СОЦИАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ У СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКИХ ВУЗОВ

Зайцева Л.А., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия
Шныренков Е.А., МГСУ, Москва, Россия

Реформа российского образования в рамках болонского процесса направлена на формирование у студентов социальных и профессиональных компетенций. Авторы статьи считают, что формирование социальных компетенций у студентов технических вузов должно быть направлено на их будущую профессиональную деятельность.

Проводимая в рамках Болонского процесса реформа высшего образования затронула основные принципы функционирования высшей школы и подготовки будущих специалистов.

Согласно основным положениям Болонских документов реформа образования имеет следующие цели:

– введение двухуровневой системы высшего образования, первый из которых (предварительный) должен быть не менее 3-х лет, в то время как второй (выпускной) приводит к получению степени магистра либо доктора;

– создание специального приложения к диплому с целью формирования системы сопоставимых степеней образования;

– введение единой системы зачетных единиц, позволяющей производить перезачет на всем открытом европейском пространстве;

– повышение мобильности студентов, профессоров и доцентов и обеспечение возможности обучения и преподавания в вузах стран-участниц с целью приобретения опыта и практических знаний без потери времени и оплаты труда;

– создание системы контроля качества образования внутри вуза, а также обеспечение независимой оценки деятельности вуза с привлечением обучаемых бакалавров и магистров и работодателей;

– введение права на изучение дисциплин по выбору наравне с обязательными дисциплинами с целью обеспечения набора необходимого объема баллов, являющихся накопительными,

– продвижение концепции «обучение на протяжении всей жизни» [3];

– обеспечение дополнительных возможностей для развития учебных планов с целью мотивации на проведение научных исследований. [1].

Одним из принципиальных нововведений в высшем образовании является внедрение системы общекультурных и профессиональных компетенций, на которые должна ориентироваться подготовка бакалавров и магистров. Целью формирования общекультурных компетенций можно считать понимание будущим специалистом социальной значимости своей будущей профессии, как в рамках профессиональной организации, так и во взаимодействии с обществом [2]. При этом необходимо учитывать, что в системе рыночных отношений деятельность высококвалифицированных специалистов в различных отраслях экономики направлена на поддержание успешного функционирования организации, в которой они работают. Критерием успешности функционирования организации будет продвижение на рынке создаваемых ею товаров или предоставляемых услуг.

Любой вид хозяйственной деятельности приобретает смысл своего существования, если он, в конечном счете, сориентирован на потребности человека и общества. Не может быть энергетики самой для себя, машиностроения самого для себя, строительства самого для себя. Как только эти и другие отрасли народного хозяйства, а также экономика страны в целом, забывают об основной цели своего существования – удовлетворения различных потребностей человека, то они теряют основной ориентир в своем развитии. Как свидетельствует опыт развития нашего народного хозяйства в последнее время, наиболее конкурентоспособными являются те отрасли и предприятия, которые в большей степени сориентированы на более полное удовлетворение профессиональных и личностных потребностей человека, на развитие человеческого капитала .Всё это предъявляет к процессу образования особые требования. Можно сказать, что процесс образования переживает период серьезных преобразований и трансформаций, определяемых, как глобальными тенденциями мирового развития, так и внутренней логикой процесса перехода от индустриального общества к постиндустриальному обществу и экономике знаний. Изменения в политической системе страны совместно с преобразованиями в экономике и производстве кардинально изменили социальную структуру российского общества. Переход к рыночным отношениям, появление новых видов деятельности и новых социальных групп, все это существенным образом повлияло на формирование новых требований и запросов со стороны промышленности к системе подготовки специалистов в технических вузах страны.

Законы рынка формируют требования к промышленности, образу жизни людей и городской среде. Так современная промышленность требует специалистов способных к креативной и инновационной деятельности. Главным критерием здесь является способность создавать новые продукты, изменяю-

щие жизнь людей. Такие специалисты должны осуществить реиндустриализация российского производства. Они также должны осуществить диверсификацию промышленности, что позволит избавиться от сырьевой зависимости. Законы рынка также меняют образ жизни людей и лицо современных российских городов, как в области жилищного строительства, так и в сфере, связанной с различными видами экономической деятельности. Рыночные отношения оформили окончательный переход от модерна к постмодернизму в городском планировании и в организации городского пространства . Проявлением этого перехода стал отказ от городского планирования, базирующегося на принципах «так должно быть» и «город будет развиваться в соответствии с планом», к планированию, главными принципами которого становятся «так, возможно, будет» и «учитывать естественные процессы развития города». Восприятие городского пространства только как сверхприбыльного инструмента для вложения капитала увеличило число фактов т.н. «точечной застройки». Это привело к возникновению конфликта между интересами инвесторов, вкладывающих значительные средства в строительство, и жителями тех городских районов, чьи условия проживания были ухудшены в результате появления новых строений**.**

Для решения этого конфликта необходимо формирование специалистов, которые решают урбанистические проблемы, рассматривая всю совокупность социальных и гуманитарных факторов.

Так выпускники вузов должны учитывать, что городская среда одновременно формируется под влиянием социальных запросов и сложившихся исторических традиций. Школы, библиотеки, детские сады, больницы, социальное жилье, спортивные сооружения, территориально доступные магазины – существенные элементы, без которых невозможно организовать нормальную повседневную жизнь горожан.

Но город это не только набор различных по внешнему виду и своему функциональному предназначению зданий. Город – это ещё и сложная инфраструктура, обеспечивающая транспортную доступность к каждому из своих объектов, сложная система коммуникаций (тепло, газ, вода, электроэнергия, канализация), обеспечивающих жизненные условия.

Современный город, как современная среда обитания формируется и функционирует благодаря самым разным техническим специалистам, выпускникам различных технических вузов. Всё это должно найти свое отражение в формировании основ компетентностного подхода .

Учитывая процессы, характерные для современного высокотехнологичного производства и для современных урбанизированных территорий, целесообразно, по нашему мнению, сформулировать или выбрать несколько научных категорий, которые не только бы отвечали принципам компетентностного подхода, но одновременно бы решали задачи актуализации

преподавания гуманитарных дисциплин в техническом вузе.

Создание технической отраслью востребованного продукта является конечной целью, для достижения которой при подготовке специалистов по соответствующим специальностям необходимо решить задачу «использовать все эффективные возможности, и наработанный опыт, существующий в мире. На сегодняшний день в мировой практике существует системный подход к эффективному управлению бизнесом. Этот системный подход объединяет те системы управления, которые существуют в промышленности и градостроительстве» [3].

Используя в качестве ориентира конечный результат применения выпускником технического вуза своих знаний – создание современной промышленности и комфортной городской среды, авторы данной статьи считают, что такие категории как «качество технологий» и «городская структура», сочетающие в себе технические, экономические и социально-психологические характеристики, могут служить в качестве ориентиров для компетентностного подхода, являющегося одним из принципов реформирования российской системы образования. [2]

Третьей категорией, необходимой для формирования социальных и профессиональных компетенций будущего специалиста технической сферы является, по нашему мнению, «комфортная промышленная и социальная городская среда» [1,2], эта среда, которая непосредственно связана с промышленностью и городской структурой. Эта среда, которая формирует промышленность и городскую структуру и сама формируется промышленностью и городской структурой. Какова степень их взаимовлияния, что является первичным: запросы социальной среды, решения волевого характера, законы рынка или результаты планирования; являются вопросами для отдельного изучения.

Основываясь на этих категориях, как фундаменте компетентностного подхода в социально-гуманитарном образовании студентов технического вуза, возможно, сформировать важнейшие представления об их дальнейшей профессиональной деятельности, и об их ценностной мотивации. Задача формирования представлений студентов технического вуза о своей профессиональной деятельности может эффективно решается в процессе освоения специальных дисциплин с использованием активных и интерактивных технологий.[1]

Очень кратко можно свести компетенции студентов технических вузов к следующему списку:

– необходимость понимать социальную значимость своей будущей профессии;

– необходимость осознавать социальные проблемы отрасли;

– умение работать в коллективе;

– готовность к социальному взаимодействию;

– необходимость нести ответственность за принятые решения;

– умение использовать основные положения социальных наук при решении социальных и профессиональных задач;

– способностью анализировать социально значимые проблемы и процессы.

Учитывая профессиональную направленность подготовки студентов технического вуза необходимо:

– сформировать у них понимание социальной значимости приобретаемой профессии и способность адекватно отражать актуальные проблемы современной промышленности и современной городской среды; [3]

– расширить понимание взаимодействия индивида и города как единого объекта;

– активно привлекать учащихся вуза к обсуждению проблем, связанных с формированием инновационной экономики;

– создать условия для формирования междисциплинарного подхода в организации преподавания гуманитарных дисциплин с учетом запросов производства;

– более полно отражать результаты исследовательской деятельности преподавателей различных кафедр университета в сфере социально-гуманитарных проблем промышленного развития и городского строительства; [4]

– организовать обмен научной информацией, творческими идеями и фактическими данными между представителями различных технических вузов России и исследовательских институтов [5].

Библиографический список

1. Шныренков Е.А. Влияние модернизма и постмодернизма на формирование городской застройки. Вестник МГСУ, 2010. № 4-5, С. 163-168.

2. Шныренков Е.А. Городская политика и формирование городского пространства (2011) Социальные и экономические проблемы градостроительства и архитектуры. /Труды десятой Всероссийской и восьмой Международной научно-практической конференции, pp. 242-245.

3. Зайцева Л.А. Философия будущего инновационного общества.// Ценности и смыслы. 2013, №2(24). С.36-42

4. Кочеткова Л.Н. Проблемы преподавания гуманитарных наук в техническом вузе (ценностное измерение инженерного образования). // Ценности и смыслы, 2011, №4 (13), с. 142-148

5. Кочетков В.В., Кочеткова Л.Н. Этос креативности и статус инженера в постиндустриальном обществе: социально-философский анализ. // Вопросы философии. 2013, №7, с.3-13

УДК: 371.3

ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ПРОЕКТИРОВАНИЯ: ТРАНСВЕРСИЯ СМЫСЛА

Матронина Л.Ф., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

«Мышление начинается там, где
есть проблемная ситуация».
Дж. Дьюи

При рассмотрении механизмов влияния социальных изменений на образование как системный феномен нельзя не учитывать происходящие ныне процессы глобализации и информатизации мира. В условиях становления общества знаний [1] возрастает ценность образования, которое приобретает перманентный характер, сопровождая индивида на протяжении всей его жизни. Происходящая ныне модернизация образовательной системы основана на внедрении компетентностного подхода, ориентированного на практическую составляющую содержания образования, которое должно обеспечить успешную жизнедеятельность индивида. Эффективность функционирования системы образования во многом определяется тем, насколько «встроены» в нее механизмы выявления потребительских интересов и ожиданий. Во многих экономически развитых странах компетенции рассматриваются как комплексный показатель для описания результатов образования. Человек общества знаний должен уметь свободно ориентироваться в потоке информации, развивать когнитивные способности и критический ум, создавать новые значимые формы, обладать способностью реализовывать на практике полученные знания, выбирать адекватные способы и методы решения проблем, добывать нужную информацию, налаживать коммуникативные связи и отношения, работать в команде. В связи с этим, одна из важнейших задач образования заключается в том, чтобы, развивая логическое мышление и выявляя естественные склонности ума обучаемого, стимулировать его к поиску самостоятельного решения проблем. Самостоятельность – важнейшее качество человека как субъекта общественных отношений и деятельности. Именно она составляет основу человеческой целостности и представляет собой способность собственным трудом обеспечивать свое существование и развитие. Самостоятельность – это умение адаптироваться к изменяющимся условиям жизни, свободно ориентироваться в них, осуществляя свой выбор [2].

В современный образовательный процесс внедряются новые способы и методы обучения, адекватные социальным требованиям. Основу моделирования новой образовательной среды, как полагают исследователи [3, с. 163-167], составляет вариативная педагогика, ее фундаментальные принципы и методы: 1) гетерархия как переход к сетевой «организмической»

структуре, при которой элементы системы взаимодействуют не только по вертикали, но и по горизонтали; 2) конструктивизм, согласно которому знание не должно поставляться ученикам как готовый продукт, они должны самостоятельно его «выстраивать» и уметь выбирать способ изучения учебного материала; 3) коннекционизм – умение самостоятельно устанавливать связи между изучаемыми объектами; 4) проектный метод или обучение проектированием как осмысление проблемной ситуации, создание вариантов возможных решений проблемы, оценка результатов.

Становление проектного подхода к обучению, как известно, произошло на рубеже XIX-XX вв. В рамках прагматической педагогики (Дж. Дьюи, У. Килпатрик Ж. Пиаже и др.) была разработана программа реформы традиционной школы на основе сближения школы с жизнью и использования в процессе обучения естественной детской активности, интересов и потребностей ребёнка («обучение посредством деятельности»). Рассматривая природу воспитания и обучения, Дж. Дьюи, один из основоположников данного подхода, полагал, что воспитание и образование осуществляется в процессе передачи опыта в ходе общения. Социальная среда обладает воспитывающей и формирующей индивида силой, если он участвует в каких-либо общественных видах деятельности. Поэтому обучение должно сводиться преимущественно к игровой и трудовой деятельности с целью выработки навыков мышления, под которыми понималась способность к самообучению и самосовершенствованию: умение решать жизненные задачи, владеть творческими навыками [4]. Основу «обучения посредством деятельности» составляют активные методы работы (прежде всего проектный метод) в сочетании с другими методами обучения.

Нельзя не заметить, что в последующем подобный подход к воспитанию и образованию подвергался справедливой критике. Особенно после того, когда в середине XX века метод проектов начинает трактоваться более широко. Так, американские педагоги-неопрагматисты придавали большое значение идее комплексности в содержании образования, противопоставляя её предметному принципу. Такой подход привел к созданию различных вариантов интегрированных курсов, концентрирующих сведения из различных учебных предметов на фрагментарной основе вокруг какой-либо заявленной темы.

Однако, возвращаясь к философии образования Дж. Дьюи, следует признать, что многие концептуальные идеи американского исследователя, касающиеся реорганизации образования, приобретают особую значимость в современном быстро меняющемся мире. Так, Дьюи различает формальное (обретаемое по учебной программе) и неформальное (результат влияния социальной среды) образование и справедливо считает, что если школы отрываются от образовательных условий, которые доказали свою эффективность во внешкольной среде, то «они неизбежно подменяют социальный дух образования книж-

ным и псевдоинтеллектуальным» [5, с. 42-43]. Одним из первых он выявил необходимость подготовки обучающихся к рынку труда, акцентируя внимание на социальной эффективности образования и полагая при этом, что школа должна формировать не только социальные, но нравственные качества человека. Исходя из понимания образования как единства воспитания, обучения и развития, Д. Дьюи подчеркивает необходимость индивидуального развития обучающегося, отмечая, что «…результатом образовательного процесса является способность к дальнейшему образованию» [5, с. 67].

Одно из ключевых положений философии образования Д. Дьюи – положение о том, что знание должно быть обретено в опыте («способность учиться на опыте»): «…ценность опыта … определяется тем, что в самом деле усвоено, и с этой точки зрения главное в жизни – это наполнить каждое ее мгновение собственным пониманием его смысла» [5, с. 76]. Следовательно, в учебно-образовательную деятельность необходимо внедрять такие формы и методы, которые направлены на развитие «способности свободно и полно участвовать в общей деятельности» [5, с. 119], в которых «…мышление поощряется, стимулируется и проверяется» [5, с. 146]. Методы преподавания должны содействовать пониманию учащимися социального смысла собственных способностей и возможностей используемых средств: «Искусство обучения в большей мере сводится к тому, чтобы сделать новые проблемы достаточно сложными и провоцирующими мышление, но при этом не чрезмерно трудными…» [5, с. 150]. Дьюи исходит из понимания метода как пути, «на котором предметное содержание опыта прорабатывается наиболее эффективно и плодотворно» [5, с. 171]. Одним из таких методов является проектный метод.

Не абсолютизируя проектный подход к обучению, тем не менее, следует признать, что он является важной составляющей современного образовательного процесса. Проектный метод или обучение проектированием представляет собой способ организации учебно-образовательного деятельности, основу которого составляет совокупность учебно-познавательных и исследовательских приемов, позволяющих решить ту или иную проблему в результате самостоятельных действий обучающихся с обязательной презентацией этих результатов. Проектный метод ориентирован на творческую самореализацию учащихся/студентов, развитие их интеллектуальных способностей, умение применять знание на практике.

В условиях широкого распространения информационно-коммуникативных технологий (ИКТ) и их внедрения в учебно-образовательный процесс проектный метод превращается в новаторскую интеллектуальную технологию, в которой преобладает исследовательский компонент. ИКТ-проектирование, то есть обучение проектированием посредством информационно-коммуникативных технологий обладает большими эвристическими возможностями. Оно направлено на формирование

и развитие креативного потенциала обучающихся: постановка и анализ проблемы, цели и задач проектируемой работы; оценка умственных и материальных ресурсов; поиск знаний, необходимых для решения проблемы и на этой основе создание вариантов; проектирование приемлемых решений и вероятностных результатов; рефлексия по поводу сделанного и т.д.

Современные методики ИКТ-проектирования включают разнообразные формы обучения, основу которых составляет медиа- и сетевое проектирование: разработка видеофильмов и электронных презентаций, создание электронных словарей и тематических баз данных, проведение Интернет-семинаров и виртуальных «круглых столов», теле- и видеоконференция и др. [6, с. 189-198]. Применение медиа- и сетевого проектирования позволяет учащимся/студентам включаться в современное образовательное пространство ИКТ-культуры, а у преподавателей появляются новые возможности для реализации личностно-ориентированного обучения, формирования профессиональных и культурных компетенций обучающихся. Прав Д. Дьюи, утверждая: «Информация, отделенная от вдумчивого действия, мертва, она разрушительна для ума, поскольку симулирует знание и тем самым разливает яд тщеславия – наиболее мощный тормоз для дальнейшего интеллектуального развития. Единственный прямой путь к постоянному совершенствованию методов обучения – сосредоточиться на условиях, в которых мышление поощряется, стимулируется и проверяется» [5, с. 146]. Думается, что образовательный потенциал проектирования (в том числе ИКТ-проектирования), позволяющий преодолеть две крайности в обучении – узкий прагматизм, с одной стороны, и оторванность от жизни, с другой, – еще не до конца осмыслен и поэтому нуждается в дальнейшей комплексной разработке.

Библиографический список

1. К обществам знаний. Всемирный доклад ЮНЕСКО. – Издательство UNESCO, 2005. – 231 с. [Электронный ресурс] URL: http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001418/ 141843r.pdf (дата обращения: 29.03.2015).

2. Кондратьев В.В. Социальность образования: введение в методологию исследования. – М.: МГПУ, 2011. – 144 с.

3. Семенов А.Л. Информационные и коммуникационные технологии в общем образовании. Теория и практика. – М.: Институт новых технологий; Париж : Юнеско, 2006. – 328 с.

4. История педагогики и образования: От зарождения воспитания в первобытном обществе до конца XX в.: учеб. пособие / под ред. А.И. Пискунова. – 2-е изд., испр. и дополн. – М.: Сфера, 2001. – 512 с.

5. Дьюи Дж. Демократия и образование: пер. с англ. – М.: Педагогик-Пресс, 2000. – 384 с.

6. Матронина Л.Ф. Инновационный потенциал образования: мультимедийное и сетевое проектирование // Современные тенденции в развитии российского медиаобразования. – 2010: Сб. материалов Всероссийской научно-практ. конференции: В 2 т. Т. 1. – М.: Ф-т журналистики МГУ, 2010. – 228 с.

УДК: 371.3

РОЛЬ СОЦИОЛОГИЧЕСКИХ ОПРОСОВ В ГУМАНИТАРНОЙ ПОДГОТОВКЕ СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Смирнов В.В., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Подготовка кадров для наукоемких отраслей отечественного производства имеет исключительно важный характер для будущего нашей страны. Формирование промышленного и научного секторов экономики постиндустриального общества невозможно без инженеров, научных работников, отвечающих самым высоким требованиям и в профессиональном и в общекультурном плане. В современных условиях речь идет о небходимости создания не просто «экономики знаний». Как отмечают Кочетков В.В. и Кочеткова Л.Н.: «…массовое создание новых знаний (как и распространение знаний посредством образования) *автоматически не обеспечивает* развития общества, а залогом движения вперед является использование и применение знаний» [1]. Речь сейчас должна идти уже об «экономике компетенций», основанной на «работающем знании». Переход в системе высшего технического образования от знаниевого подхода к компетентностно-деятельностному требует пересмотра форм, способов обучения и воспитания студентов в соответствии с целями и задачами высшей школы в современных условиях. «Закон об образовании в Российской Федерации» четко формулирует требования, предъявляемые современным обществом к учебно-воспитательной работе со студентами:

– неразрывное единство образования и воспитания;
– творческое развитие способностей личности каждого студента;
– содействие самоопределению и социализации обучающегося на основе социокультурных и духовных ценностей, принятых в нашем обществе.

Разрыв между духовно-нравственным и научно-техническим потенциалом нашего общества обусловливает необходимость резкого повышения роли гуманитарных и социальных дисциплин в обучении и воспитании студентов. Гуманитарная подготовка по своей структуре состоит из трех компонентов – знания, ценности, практическая деятельность. Структура

гуманитарного знания в техническом вузе – это исторические знания, философские (онтология, гносеология, этика, эстетика, социальная философия), социальные, политические, экономические, социально-педагогические, правовые знания, Следует отметить, что гуманитарное знание весьма противоречиво. Так, в философии существует множество направлений, имеющих подчас прямо противоположный социальный смысл. Не все философские учения имеют гуманистический и прогрессивный характер. Подчас студенты акцентируют внимание на тех направлениях философской мысли, которые ориентируют человека на получении личной материальной выгоды, а не на общественно-полезную деятельность.

Согласно результатам исследования, проведенного студентами МГТУ МИРЭА в марте-апреле 2014 года (всего было опрошено 140 человек), было выявлено, что почти половина опрошенных – 40%, достижение материального благополучия в своей жизни посчитали своей целью и высшей ценностью; 25% отметили, что для них главная ценность состоит в приятном времяпрепровождении; 20% посчитали высокий социальный статус и управление людьми приоритетной ценностью своей жизни; 10% отметили, что для них главное – любовь и лишь 5% посчитали, что высшей ценностью для них является социальная активность с целью достижения позитивных изменений в обществе. Гедонизм – довольно распространенное явление в студенческой среде. Пребывание в вузе рассматривается как источник удовольствий. Такие студенты, если и ходят на занятия, то с целью приятного времяпрепровождения, а не активной работы.

Не абсолютизируя результаты опроса, следует отметить, что в формировании общекультурных компетенций у студентов, в развитии их духовных запросов, чувства патриотизма, гражданской ответственности и в целом в учебно-воспитательной работе предстоит еще много сделать. Следует отметить, что социализация и воспитание – это не одно и тоже. В социализации участвуют все окружающие студента агенты и институты. Социализация во многом осуществляется стихийно. В ней участвуют и семья, и СМИ, и Интернет. Вузовский преподаватель – лишь один из агентов социализации. Воспитание же предполагает целенаправленное воздействие на студента с целью формирования у него желаемых для общества качеств.

Гуманитарная подготовка будущих инженеров, научных работников, таким образом, нацелена на преодоление стремления значительной части студентов к получению личной материальной выгоды и ориентации на приятное времяпрепровождение.

Материальные проблемы российского студенчества известны. Значительная часть студентов не получает стипендии и вынуждена работать. Зачастую студенту не удается совместить учебу с работой. В этом случае низкая посещаемость занятий гарантирована. Так, по результатам социологиче-

ского опроса, проведенного весной 2014 года с целью выяснения причин низкой посещаемости занятий, выявлено, что 29% студентов старших курсов пропускают занятия по причине занятости на работе. В тоже время 17% в качестве причины пропуска учебных занятий указали на личную неприязнь к преподавателю, что, в свою очередь, является основанием для того, чтобы некоторым педагогам внести коррективы в свои отношения со студентами. Именно такое качество преподавателя как доброжелательное отношение к студенту, отношение к студенту как соучастнику учебного процесса поможет создать в аудиториях благоприятную для занятий атмосферу.

Заметно активизируют социальную деятельность студентов регулярно проводимые под руководством преподавателя *социологические опросы*. Особый интерес у студентов вызывают темы: «Ценностные ориентации студентов технического университета»», «Физическое здоровье студентов», «Проблема выбора студентом вуза, факультета, специальности», «Брак и семья», «Социальные сети в жизни студента», «Девиантное поведение студенческой молодежи».

Согласно результатам социологического опроса, проведенного среди студентов факультета радиотехнических систем МГТУ МИРЭА в 2013 г. на тему: «Проблема выбора студентом вуза, факультета, специальности», 55 студентов из 100 опрошенных ответили, что снова поступили бы заново на этот факультет, если бы им представилась такая возможность, 30 человек не стали бы поступать, и 15 усомнились, ответив, «может быть».

По своему содержанию социологический опрос представляет собой разновидность самостоятельной работы студентов под руководством преподавателя. Устные опросы, письменные, интернет-опросы выполняют в учебно-воспитательной работе со студентами целый ряд задач. Во-первых, студенты быстрее осваиваются в вузе, познавая различные стороны студенческой жизни, лучше узнают друг друга, что особенно актуально для студентов младших курсов. Во-вторых, студенты развивают не только навыки коммуникативного общения, но и собственные социокультурные компетенции. В-третьих, проходя таким образом практику и осознавая социальную значимость своей работы, студенты, проходят определенный этап социализации в своей жизни. В-четвертых, социологическая информация интересна и полезна для преподавателей, так она дает пищу для размышлений и внесения соответствующих корректировок в учебно-воспитательную деятельность педагогов.

В философии, социологии, да и в других гуманитарных предметах, существуют различные школы, направления, которые, в современных условиях, при упоре на самостоятельную работу обучаемых, могут дезориентировать студента в оценке социальной действительности. Плюрализм, свободное выражение мнений студентами и преподавателями как завоевание демократии в нашей стране ни в коем случае не снимает с преподавателя ответственности за социализацию,

нравственное, патриотическое воспитание обучаемых. Преподавателю не стоит увлекаться, на мой взгляд, проблемным методом обучения студентов, а непосредственно участвовать в воспитании студента как активного члена общества, как гражданина и патриота, носителя и распространителя высоких нравственных начал. Кроме того, гипотеза о том, что самостоятельная работа студента является достаточным условием его гуманитарной подготовки, не оправдывает себя в учебном процессе. Свобода творчества не означает, что выполнение домашних заданий в виде эссе, презентаций, тестов должны оставаться без должной оценки и контроля со стороны преподавателя. А это означает лишь усиление индивидуальной работы с обучаемым, в этой работе необходимы такт, уважение к мнению студента. В тоже время необходимо стимулировать работу студента в направлении глубокого освоения гуманитарных и социальных дисциплин.

Библиографический список

1. Кочетков В.В., Кочеткова Л.Н. Этос креативности и статус инженера в постиндустриальном обществе: социально-философский анализ // Вопросы философии. – 2013. – № 7. – С. 3-12.

2. 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.

3. Матронина Л.Ф. Качество образования как императив современности //Философия образования. – 2014. – № 1. – С.11-18.

4. Монахов В.М., Фирстов В.Е. Условия и факторы формирования концепции модернизации российского образования // Педагогика. Научно-теоретический журнал Российской академии образования. – 2014. – № 1. – С. 24-36.

5. Розин В.М. Техника и социальность: философские различения и концепции. – М.: Либроком, 2012. – 304 с.

УДК 377.131.11

ОРГАНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ОБУЧЕНИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ КАДРОВ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ КОМПЛЕКСОВ

Богорадникова А.В., Дудина Е.А., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

В последние годы в системе высшего профессионального образования России утвердилась образовательная парадигма, в рамках которой ка-

чество современного образования как результат оказания образовательной услуги определяется тем, насколько у выпускников вузов сформированы компетенции - способности выявлять связи между знаниями и ситуациями и применять усвоенные знания адекватно решаемым профессиональным проблемам. Компетентностная ориентация ФГОС ВПО нацеливает российские вузы на повышение мобильности и конкурентоспособности выпускников в рыночной среде и предполагает интенсификацию взаимодействия высших учебных заведений с работодателями, осуществляемом на основе Федерального закона от 01.12.2007 г. № 307-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в целях предоставления объединениям работодателей права участвовать в разработке и реализации государственной политики в области профессионального образования» [1] и других нормативно-правовых документов.

Конкретные формы партнерства предприятий и образования, позволяют работодателю реально влиять на качество подготовки специалистов, организацию учебного процесса и практики. В частности, внедрить в образовательный процесс индивидуальные траектории обучения.

Рассмотрим подробно понятие «индивидуальная образовательная траектория». Индивидуальная образовательная траектория – это результат реализации личностного потенциала специалиста (обучающегося) в образовании через осуществление соответствующих видов деятельности.

Организация личностно-ориентированного образования обучающихся имеет целью реализовать следующие их права и возможности:

– право на выбор или выявление индивидуального смысла и целей в каждом учебном курсе;

– право на личные трактовки и понимание фундаментальных понятий и категорий;

– право на составление индивидуальных образовательных программ;

– право выбора индивидуального темпа обучения, форм и методов решения образовательных задач, способов контроля, рефлексии и самооценки своей деятельности;

– индивидуальный отбор изучаемых предметов, творческих лабораторий и иных типов занятий из тех, которые находятся в соответствии с базисным учебным планом;

– превышение (опережение или углубление) осваиваемого содержания учебных курсов, индивидуальный выбор дополнительной тематики и творческих работ по предметам;

– право на индивидуальную картину мира и индивидуальные обоснованные позиции по каждой образовательной области.

Основные элементы индивидуальной образовательной деятельности специалиста радиоэлектронного комплекса:

– смысл деятельности (зачем я это делаю);
– постановка личной цели (предвосхищающий результат);
– план деятельности;
– реализация плана;
– рефлексия (осознание собственной деятельности);
– оценка;
– корректировка или переопределение целей.

Каждый студент обучается по какой-либо траектории обучения. Она определяет те предметные области, дисциплины, учебный материал, который должен усвоить студент за время обучения по своей специальности.

Индивидуальная траектория обучения представляет собой траекторию обучения, составленную индивидуально для каждого студента.

Ценность индивидуально-образовательной траектории обучающегося в том, что она позволяет на основе оперативно регулируемой самооценки, активного стремления к совершенствованию собственных знаний и умений, пополнить знания при проектировании своей учебной деятельности с целью отработки методов и техники самостоятельной работы в различных формах учебно-познавательной деятельности. При этом очень важно, чтобы у каждого обучающегося была сформулирована личностно-ориентированная задача по проектированию индивидуально-образовательной траектории, что способствует повышению личностного образовательного роста обучающегося.

Индивидуальная образовательная траектория представляет собой: целенаправленную образовательную программу, обеспечивающую студенту позиции субъекта выбора, разработки, реализации образовательного стандарта при осуществлении преподавателем педагогической поддержки, самоопределения и самореализации.

Необходимость рассмотрения процесса построения индивидуально-образовательной траектории студента технической специальности, опирающегося на эти идеи, связана с тем, что они создают условия для самовыражения личности при обязательном достижении поставленных целей обучения.

Индивидуально-образовательная траектория, адекватна личностно-ориентированному образовательному процессу, но в то же время, не тождественна ему, так как имеет специфические особенности:

– она специально разрабатывается для конкретного студент как его индивидуальная образовательная программа;

– в стадии разработки индивидуальной образовательной траектории студент выступает:

1) как субъект выбора дифференцированного образования, предлагаемого образовательным учреждением;

2) как “неформальный заказчик”, “предъявляя” (при стартовом диагностировании), проектирующему для него образовательную программу –

индивидуальную траекторию, свои образовательные потребности, познавательные и иные индивидуальные особенности);

– на стадии реализации обучающийся выступает как субъект осуществления образования,

– в этом случае личностно ориентированный образовательный процесс реализуется как индивидуальная образовательная траектория при условии использования функциональных возможностей педагогической поддержки. Именно поддержка студента в образовательном процессе трансформирует личностно-ориентированный образовательный процесс в индивидуальную образовательную траекторию. Содержание индивидуально-образовательной траектории определяется образовательными потребностями, индивидуальными способностями и возможностями студента (уровнем готовности к освоению программы), содержанием программы.

Инновационные процессы в современных учебных заведениях актуализируют проблему не только совершенствования методики обучения, но и развитие общеобразовательных учреждений, в которых личностное развитие ребенка может протекать наиболее эффективно.

В результате возникли объективные предпосылки для выбора обучающимися индивидуально-образовательных траекторий, которые бы наиболее полно отвечали их личностным потребностям и устремлениям. Однако в настоящее время обучающиеся испытывают существенные трудности в самостоятельном выборе своей образовательной траектории и далеко не всегда ощущают себя ответственными за сделанный выбор и рост своих результатов при его реализации.

Главным требованием при обучении становится удовлетворение познавательного интереса обучающихся при проектировании и реализации индивидуально-образовательной траектории. В этом случае, система обучения становится гибкой, вариативной, чутко реагирующей на изменение запросов работодателей и отвечающей образовательным потребностям обучающегося.

В качестве одного из путей решения поставленных задач, можно рассматривать проектирование индивидуально-образовательной траектории, как средство гуманизации образования, поскольку проектирование позволяет создать условия для удовлетворения образовательных потребностей обучающегося посредством осуществления и реализации индивидуальной образовательной траектории.

Возможность индивидуальной траектории образования студента предполагает, что при изучении темы он может, например, выбрать один из следующих подходов:

– базисное или логическое познание
– углубленное или энциклопедическое изучение
– выборочное или расширенное усвоение темы.

Сохранение логики предмета, его структуры и содержательных основ будет достигаться с помощью фиксированного объема фундаментальных образовательных объектов и связанных с ними проблем, которые наряду с индивидуальной траекторией обучения обеспечат достижения студентами нормативного образовательного уровня.

Для этого предоставляются ученикам многообразные учебные задания (по степени сложности и способу выполнения), чтобы они имели возможность выбора, а следовательно самоопределения. Выбирают из групп заданий: репродуктивного, проблемного, творческого характера. А также выбрать необходимые материалы, ТСО, справочники, книги, таблицы.

Возможности обучаемого по овладению учебным предметом на определенном уровне усвоения определяются структурой и содержанием его познавательных действий. Но реализация этой возможности зависит от способа управления учебно-познавательной деятельностью.

Разработка всех компонентов системы программированного обучения как условие реализации индивидуальных образовательных траекторий состоит в модификации содержания предметных областей, принципиальном изменении способа представления и усвоения знаний, а также формы взаимодействия между студентом и преподавателем. Для этого на первом этапе создаются учебно-методические материалы, представленные различными средствами обучения (печатные издания, аудио-видео материалы, электронные комплексы и т.д.), каждое из которых обладает своими дидактическими возможностями. Результативность их применения во многом определяется способностью преподавателя учитывать при разработке дидактического обеспечения объем усвоения, скорость усвоения, время усвоения. Адаптация к обучающемуся в процессе его работы с учебным материалом состоит в подборе для него наиболее подходящего сценария обучения, темпа и детальности изложения материала, системы упражнений и вопросов, последовательности их предъявления и т.д. На втором этапе проводится диагностика уровней обученности, которая является значимой для выстраивания индивидуальных образовательных траекторий.

На третьем этапе для каждого обучающегося корректируются способы диалогового общения: либо выбирается непосредственное общение с преподавателем, либо общение, опосредованное формами дистанционной технологии (web-консультации в сети INTRANET), либо групповое общение для выполнения проектных работ, проведения анализа ситуаций, деловых и имитационных игр.

Для осуществления контроля за учебно-познавательной деятельностью студента проводится компьютерное тестирование. По результатам тестирования студент показывает уровень усвоения содержания предметной области.

Библиографический список

1. Федеральный закон РФ от 01.12.2007 г. № 307-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в целях предоставления объединениям работодателей права участвовать в разработке и реализации государственной политики в области профессионального образования» // URL: http://www.referent.ru/1/113937.

2. Абросимов В.К., Лебидько В.В. Индивидуальные образовательные траектории: Формализация выбора, построения, управления // Открытое образование, 2009, № 4.

3. Логинова, Ю.Н. Понятия индивидуального образовательного маршрута и индивидуальной образовательной траектории и проблема их проектирования // Биб-ка журнала «Методист». 2006. №9. С. 4-7.

4. Алибекова Г.З., Рудковская А.В. Индивидуализированные программы обучения в высшей школе // Педагогика. 1995. № 5. С. 56-60.

УДК: 316.35

ХАКЕРЫ КАК ВЫЗОВ СОВРЕМЕННОМУ ОБРАЗОВАНИЮ

Агафонов А.Н., Епифанов Р.А., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

В условиях быстрорастущей информатизации современного мира весьма остро стоит проблема защиты информации. Это связано, прежде всего, с все возрастающим интересом к ней со стороны преступных элементов (как конкретных лиц, так и организаций), которые изучают информационные системы с целью выявления в них уязвимостей и получения несанкционированного доступа к информации, хранящейся и обрабатывающейся в них. Именно поэтому актуализируется необходимость в подготовке высококвалифицированных специалистов в области информационной безопасности с целью защиты систем от подобных элементов. Наряду с целым комплексом научных и научно-технических дисциплин таким специалистам важно знать специфику деятельности тех, кто, так или иначе, причастен к киберпреступлениям. В данной статье предпринят анализ особенностей хакерского движения и хакерской субкультуры.

Согласно «The New Hacker's Dictionary» [1], HACKER – это 1. Индивидуум, который получает удовольствие от изучения деталей функционирования компьютерных систем и от расширения их возможностей, в отличие от большинства пользователей компьютеров, которые предпочитают знать только необходимый минимум. 2. Энтузиаст программирования; индивидуум, получающий удовольствие от самого процесса программирова-

ния, а не от теоретизирования по этому поводу.

Анализ литературы [2, 3, 4, 5], в которой исследуются проблемы компьютерного взлома, специфика хакерской субкультуры показал, что практически повсюду отсутствует та грань, которая четко разделяет всех субъектов, так или иначе связанных с компьютерной безопасностью. Как правило, мнение о них сводится либо к резко-негативному (хакеры – преступники), либо к более нейтральному (хакеры – «санитары леса»). Однако, представляется, что у этой проблемы существует две стороны: положительная и отрицательная, с четкой гранью между ними.

Всех так называемых хакеров можно разделить на две группы: на, собственно, хакеров *(hackers)* и кракеров *(crackers)*. И хотя и те, и другие, на первый взгляд, решают схожие задачи (такие, например, как изучение архитектуры информационной системы, выявление ее изъянов и т.п.), однако первые осуществляют именно поиск уязвимостей в ЭВМ, в то время как вторые используют эти уязвимости в своих личных целях (в том числе для взлома или атаки).

Основной целью хакера является выявление уязвимостей для последующего их устранения и/или информирования о таковых разработчиков, системных администраторов и пользователей. Как правило, после анализа системы хакер формирует рекомендации для повышения уровня ее защищенности. Тем временем основной задачей кракера является взлом для дальнейшего получения доступа к информации, хранящейся и обрабатывающейся внутри системы, то есть с целью кражи персональной информации или объявлении о факте взлома. По своей сути, кракер является обыкновенным вором и мошенником.

Таким образом, существует принципиальная разница между этими группами. Именно поэтому следует различать хакеров и кракеров. Сам по себе хакер в данном контексте – это специалист.

В самом начале нашей работы мы воспользовались определением из словаря Guy L. Steele. Такая трактовка понятия «хакер» значительно отличается от трактовки этого же понятия в СМИ. Тем не менее, нельзя не обратить внимание на тот факт, что в последнее время некоторые специалисты, например, такие как Илья Медведовский, генеральный директор Digital Security [5], стали внимательнее относиться к смыслу данного понятия.

Ограниченность интересов кракеров является причиной того, что подавляющее большинство из них являются малообразованными скрипт-кидди (англ. Script kiddie). Скрипт-кидди – это люди, у которых отсутствует опыт исследования сложноорганизованных систем, поэтому они довольствуются взломом плохо администрируемых систем с помощью чужих программ для взлома (так называемых exploit'ов). Однако, наряду с этим, существует и «элита» кракеров. К ней относятся все остальные, кто не стал останавливаться на первом этапе скрипт-кидди, а стал совершенствовать свои навыки. Их очень сложно остановить, но, как показывает практика, вполне возможно.

Достаточно пригласить высококвалифицированного хакера для исследования системы и последующего устранения ее уязвимостей.

Кроме того, всех кракеров можно разделить еще на три подгруппы. Деление производится по цели, с которой совершается взлом: кракеры-вандалы, кракеры-«шутники» и кракеры-профессионалы.

Представители подгруппы кракеров-вандалов наиболее известны на сегодняшний день. Их основной целью является полное или частичное разрушение компьютерных систем. Например, вирус «троянский конь» являются делом их рук. Заметим, что эти люди не пользуются популярностью как среди профессиональных хакеров, так и других групп кракеров (более того, к ним относятся резко отрицательно). И для этого есть причины. Контингент данной группы составляют новички или малоопытные кракеры. Любому более или менее продвинутому кракеру очень быстро надоедает «издеваться» над нерадивыми пользователями, системными администраторами и разработчиками. И тогда кракер переходит на новую ступень своего развития: он вырастает в кракера-профессионала или кракера-взломщика.

Взломщики являются «высокоуважаемыми» кракерами. Они обладают достаточными знаниями для осуществления взлома с серьезными намерениями, будь то взлом с целью кражи денежных средств, подмены или удаления конкретной информации, хранящейся в системе. В то же время, мы считаем, что редкий человек может «бросить камень» в кракера-взломщика, ибо большинство коммерческих и условно-бесплатных программ «крякает» именно эта группа кракеров. Особенно это актуально в наших реалиях, когда по статистике [6] на 57% персональных компьютеров, так или иначе, используется пиратский софт. И то, чем занимаются «взломщики» рассматривается как серьезное преступление в большинстве стран мира.

Наряду с вышеперечисленными группами кракеров существует еще одна заслуживающая внимания группа – кракеры-«шутники». Основная деятельность этих людей заключается во взломе систем с целью безобидных шуток, которые обычно не наносят значимый материальный ущерб. Как правило, основная их цель – самопиар.

Причины, побуждающие хакеров к действиям, весьма различны, среди них: месть, самореклама, нажива и асоциальное поведение. Месть хакера заключается в своеобразной сатисфакции над жертвой-обидчиком, посредством применения своих профессиональных навыков с целью «насолить» ей. Причиной асоциального поведения хакера может явиться его идеология и мировоззрение. Взламывая сеть правительства, хакер считает, что он вносит хаос и это должно послужить, в свою очередь, толчком к переосмыслению несправедливых законов и приносит пользу обществу. Хакеры занимаются саморекламой для раскрутки своего «ника» или организации, в который они состоят, тем самым, пополняя свое

«портфолио» и приобретая уважение в своих кругах. Хакерством для наживы занимаются люди, которые либо не видят в себе других способностей для заработка денег, либо из-за недостатка средств. Для того, чтобы более детально разобраться в особенностях действий хакеров приведем несколько примеров взломов: 1) один миллион долларов, украденный с помощью ЭВМ Джерри Шнайдером при выставлении счетов за оплату телефонных разговоров в 60-х годах, давным-давно стократно превзойден и вычеркнут из книги рекордов Гиннесса; 2) зафиксирована чуть не закончившаяся успехом попытка выкрасть хакерами 15,2 миллионов долларов государственного лотерейного фонда штата Пенсильвания; 3) трое больных раком скончались из-за модификации программы радиологической облучающей установки, задавшей им в 100 раз более высокие дозы облучения; 4) недавние взломы iCloud, когда утечки коснулись, в том числе, и звезд мирового масштаба и т.д.

В последнее время участились случаи создания децентрализованных, организованных и стихийных хакерских объединений. Люди объединяют в них свои ресурсы для достижения общей цели, которой не добился бы никто из них по отдельности, действуй он в одиночку. Ярчайшими примерами таких хакерских объединений являются Anonymous, LulzSec, Lizard Squad и другие.

Для изменения сложившейся ситуации необходимо пересмотреть вопрос подготовки и принятия на работу новых сотрудников информационной безопасности. Специально разработанный документ, призванный решить проблему киберпреступности в России – «Доктрина информационной безопасности Российской Федерации» ставит эти задачи наряду с другими важнейшими задачами государственной политики [7]. С определенной долей позитива следует отметить, что в этом направлении ведется большая работа на уровне государств и в международном сообществе. Но, несмотря на принимаемые меры, уровень киберпреступности достаточно высок. Так, в России наряду с тенденцией на упрощение получения доступа к информации, любой заинтересованный может купить себе, например, журнал «Хакер», ежемесячно издаваемый и пополняемый свежими (и не очень) приемами взлома информационных систем. Кроме того, в Интернете существует множество (в том числе и русскоязычных) форумов, где хакеры делятся своим опытом, а также отвечают на вопросы, задаваемые Интернет-сообществом.

Подводя итоги, отметим, профилактикой «втягивания» молодежи в эту сферу преступности может стать работа в школах, направленная на разъяснение подросткам опасности и потенциальной ответственности за действия, которые совершаются хакерами. Это поможет остановить рост инцидентов, когда хакер действует неосознанно, не понимая или не веря в наступление последствий. С теми же хакерами, которые действуют пол-

ностью осознавая, чем они занимаются, нужно бороться иными методами (прежде всего правовыми), а также с привлечением специально обученных специалистов. Подготовка таких специалистов должна стать первоочередной мерой по борьбе с организованной преступностью в сфере информационных технологий [8]. В условиях глобальной информатизации мира существенно возрастают требования к качеству образования. Качество образования становится императивом современности, определяя образовательные установки субъектов образования, цели и задачи в области образования, учитывая их включенность в социально-культурный контекст, и, наконец, стратегию образовательной деятельности, а также ее результат. Образование предстает как единый процесс воспитания и обучения, направленный на формирование целостной личности, ее духовно-нравственных ценностей [9]. Современный специалист в области защиты информации должен владеть совокупностью специальных знаний и уметь применять эти знания в своей профессиональной деятельности, обладать критичностью мышления и быть готовым к освоению нового, уметь принимать решения и нести профессиональную, социальную и гражданскую ответственность.

Библиографический список

1. Steele Guy L. The New Hacker's Dictionary / 3rd Edition. - The MIT Press, 1996. – 547 с.

2. Скородумова О.Б. Хакеры как феномен информационного пространства // Социологические исследования. – 2004. – №2. – С. 70-79 .

3. Касперски К. Техника и философия хакерских атак – записки мыщ'а. – М.: СОЛОН-Пресс, 2004. – 272 с.

4. Хакер. Электронный журнал. Выпуски #150-#194 // [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://xakep.ru/issues.

5. Медведовский И. Санитары леса, 2014 // [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://dsec.ru/blog/the_attendants_of_the_forest/

6. Результаты 9-го ежегодного глобального исследования пиратства, BSA/IDC, 2012 // [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://www.microsoft.com/ru-ru/antipiracy/investigation.aspx

7. Доктрина информационной безопасности Российской Федерации (утверждена Президентом Российской Федерации В. Путиным 9 сентября 2000 г., № Пр-1895 // [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://www.scrf.gov.ru/documents/6/5.html

8. Hoglund G., McGraw G. Exploiting Software: How to Break Code. Addison-Wesley Professional, 2004. – 512 с.

9. Матронина Л.Ф. Качество образования как императив современности // Философия образования. – 2014. – №1. – С. 11-19.

УДК: 372.881.161.1

ОБ ИННОВАЦИОННОМ ПОДХОДЕ К ОБУЧЕНИЮ РУССКОМУ ЯЗЫКУ КАК ИНОСТРАННОМУ

Асадуллина Э.Ф., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

В век глобализации особенно важным представляется сохранение национальной культуры и национального языка. Активные политические процессы постепенно приводят к все более интенсивному развитию языка межнационального общения, вместе с чем в обществе пропадает интерес к изучению отдельных национальных языков.

Язык – это не только средство общения, но и кладезь культуры отдельного народа. Поэтому преподавание русского языка как иностранного способствует в значительной мере распространению русской культуры. Однако отличаясь определенным консерватизмом, он вместе с тем очень быстро реагирует на все изменения, происходящие в обществе. В связи с этим усложняется задача преподавателя иностранного языка, вынужденного подстраиваться под новые реалии.

Популярность русского языка в мире напрямую связана с политикой и экономикой России, а также с качеством образования в стране, которое находится на достаточно высоком уровне. В связи с последним следует отметить, что основным направлением в развитии методики преподавания русского языка как иностранного должна стать методика преподавания русского языка специальности.

Основная проблема здесь заключается в том, что большая часть преподавателей русского языка как иностранного – филологи, квалификация которых очень часто не соприкасается с техническими и экономическими специальностями, являющимися наиболее популярными среди иностранной аудитории. В данной ситуации неизбежно возникают случаи, когда преподаватель испытывает некоторые трудности при объяснении студентам тех или иных понятий физики, химии, математики, экономики и т.п., встречающиеся в учебных пособиях, направленных на изучение русского языка специальности.

Кроме того, возрастают требования к учебной литературе, которая должна максимально точно отражать процессы, происходящие в научной области. В условиях быстрого развития науки (особенно в сфере информационных технологий) необходимо постоянное обновление фактической информации учебников. Таким образом, учебное пособие, изданное пять лет назад, не может быть переиздано без существенных изменений, поскольку велика вероятность того, что большая часть текстов данного пособия будет устаревшей и не отвечающей требованиям актуальности.

В связи с вышесказанным можно говорить о требовании инновационного подхода к преподаванию русского языка как иностранного.

В настоящее время термин «инновация» в образовании связывается в основном с компьютеризацией процесса обучения использованием Интернет-ресурсов в образовательной деятельности [1, 2].

Под инновационным подходом мы понимаем не столько обновление средств обучения (компьютеризацию образовательного процесса), сколько обновление материала обучения.

Суть данного подхода заключается в формировании профессиональной компетенции учащихся посредством неродного языка. Реализация инновационного подхода включает в себя два основных аспекта: 1) необходимо проведение постоянного обновления учебных материалов (в частности, текстов, на основе которых осуществляется изучение русского языка специальности), 2) обучение должно быть направлено на поисковый характер деятельности студентов, что предполагает активную роль учащихся в образовательном процессе, их заинтересованность и умение самостоятельно находить информацию по своей специальности на русском языке. Второе требование исходит из того обстоятельства, что преподаватель-филолог не может охватить все области знания, требующиеся для студентов технических и экономических специальностей.

Инновационный подход также предполагает стимулирование деятельности учащихся в направлении создания собственных научных работ на иностранном языке.

Обучение русскому языку специальности должно проводиться на продвинутом этапе обучения на базе аутентичных научных и научно-популярных текстов по актуальным для данной специальности темам. Задания в процессе обучения должны быть направлены не только на пассивное восприятие и понимание информации, но также и на генерацию собственных идей, попытку решить существующие в науке проблемные вопросы. Обсуждение проблем и поиск их возможных решений могут производиться посредством дискуссий, что способствует развитию коммуникативной компетенции.

Коммуникативная компетенция в логике изучения русского языка специальности реализуется в выполнении учащимися различного рода заданий, направленных на возможность дальнейшего использования языка в сфере профессиональных коммуникаций. Одним из таких заданий является участие студентов в различных конференциях и круглых столах. При этом преподаватель может самостоятельно организовывать такие мероприятия (возможно, с привлечением русскоговорящих студентов) или подталкивать учащихся к взаимодействию с научной средой через научные конференции, проводимые внутри вуза или за его пределами.

Библиографический список

1. Максаев А.А. Инновационные технологии в обучении иностранному языку // URL: http://festival.1september.ru/articles/566297/ (дата обращения – 10.03.2015).
2. Богословцева М.С. Некоторые инновационные подходы и методы преподавания делового иностранного языка. // URL: http://www.pglu.ru/lib/publications/University_Reading/2012/VII/uch_2012_VII_00032.pdf (дата обращения – 10.03.2015).
3. Гузиекова С.М., Хачак С.К. Инновационные подходы в методике преподавания иностранных языков // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 3: Педагогика и психология. Выпуск № 2 (117). – Республика Адыгея: ГОУ ВПО «Адыгейский государственный университет», 2013.

УДК 378.147

РОЛЬ ЛИНГВОМЕТОДИЧЕСКИХ И ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ ИНОСТРАННОМУ ЯЗЫКУ СПЕЦИАЛИСТОВ ПРИ ПОДГОТОВКЕ К СДАЧЕ КАНДИДАТСКОГО МИНИМУМА

Богуш Н.Б., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Вопрос о эффективном использовании иностранных языков, в значительной степени английского ,в качестве инструмента для решения задач информационного обеспечения научных исследований в условиях опережающих темпов развития современных информационных технологий , продолжает оставаться актуальным.

Постоянно возрастающие требования к уровню подготовки научных кадров в условиях инновационного развития экономики заставляют преподавателей иностранных языков, ведущих занятия с аспирантами и соискателями обращаться к поиску наиболее действенных и результативных путей в подготовке специалистов к сдаче кандидатского экзамена по иностранному языку.

В статье показывается роль определенных лингвометодических и психолингвистических принципов, на которых строится обучение специалистов. В методической литературе подобные подходы определяются как language awareness . В отечественной методике - как холистические. В статье обосновывается необходимость применения данных принципов при разработке учебных планов и показывается их эффективность в ходе применения на занятиях.

Подготовка специалистов к сдаче кандидатского минимума по ино-

странному языку всегда связана с чтением, переводом и информационно-смысловым анализом научного текста. Данные процессы рассматриваются как разновидность поисковой, информационной и познавательной деятельности, в которой интегрируются все основные психические функции: восприятие, мышление, память, внимание.Эта деятельность проявляется в действиях, способах, методах, последовательностях решений, осуществляемых в плане ориентировки, поиска и переработки информации, что, в свою очередь, соотносится с разрабатываемым в психологии стратегиальным подходом. Под «стратегиями» понимаются определенные закономерности в принятии решений .Восприятие текста представляется как рефлексивный процесс активного взаимодействия между текстом, который является продуктом речевой деятельности автора и субъективным способом его переработки воспринимающим лицом. В ходе этого сложного взаимодействия происходит субъективная оценка, логико-смысловая организация содержания, выдвигаются гипотезы, которые затем уточняются и проверяются , в чем и проявляется поступательный характер понимания. Исследователи психологических характеристик стратегий чтения научных текстов считают, что именно данный подход позволяет говорить о психологической стороне анализа феномена чтения, определяемого как комплекс сложных процессов стратегиального поиска направленного на эффективную обработку и осмысление текста. Получены экспериментальные данные о том, что наиболее существенными и дифференцирующими факторами успешности при обучении иностранному языку являются скоростной фактор психодинамики и фактор потребности в речевой активности. Кроме того, на результат обучения влияют такие психические свойства личности, как темперамент и характер, совокупность преобладающих мотивов деятельности, общие и специальные способности, особенности протекания психических процессов. Несомненно, успех обучения во многом обеспечивается на основе учета не только психолингвистического , но и других факторов, интеграции различных принципов.

Необходимо также подчеркнуть тот факт, что процесс чтения и процесс перевода рассматриваются как два различных вида деятельности, происходящие последовательно, но не параллельно. Чтение- процесс осмысления информации, перевод – процесс передачи этого смысла средствами другого языка. Учет данного принципа ведет за собой использование разных методических приемов.

Важным лингвометодическим принципом обучения языку становится использование формализованного описания грамматических структур в виде моделей. Данный способ введения грамматического материала легче воспринимается техническими специалистами. Все изучаемые формы и структуры сначала описываются с точки зрения признаков, по которым их можно распознать в тексте, затем с точки зрения той информации, которую

они несут и уже потом с точки зрения их сравнения с эквивалентными им формами и структурами русского языка. Работа ведется на основе выявления структуры предложения, на основе анализа его элементов, учета взаимосвязи логической структуры высказывания и использования соответствующих лексических и грамматических средств.

Проводится анализ формы слова (или словосочетания) и его окружения для раскрытия смысла путем интерпретации и нахождения соответствующих русских эквивалентов, включая слова-термины, слова – «ложные друзья переводчика», слова общенаучной лексики. Как правило, специалист переводит достаточно канонизированные в языковом отношении научно-исследовательские статьи. Однако, при переводе научно-технической литературы приходится принимать во внимание наличие стилистического разнообразия текстов, а также тот факт, что тексты на английском языке, с точки зрения научного стиля, более экспрессивны по сравнению с русскими. В зависимости от информационной направленности, разного целевого назначения меняется стиль изложения и соответственно использование языковых средств. Часто вызывает определенные затруднения перевод слов относящихся к общенаучной лексике. Например такие слова ,как: д*остоинства*(*преимущества) и недостатки- advantages and disadvantages ,strengths and weakness(es), pros and cons ,favorable and unfavorable features в следующих примерах: The pros and cons of assembly and high-level languages; the termal designer and buyer may well benefit from an analysis of the tradeoff between the two types of displays* for different tasks. Слово *интересный*- interesting ,of interest, fascinating, *exciting, intriguing, outstanding.Н*апример: *An intriguing inference can be drawn from the transient response shown in Fig.2 Two conceptual electric generating stations driven by laser fusion, based on different reactor approaches, are described in fascinating detail.*

Определенную сложность при переводе представляет категория слов, называемых «ложные друзья» переводчика. Следует отметить, что за последние годы интерес исследователей к данной категории слов значительно возрос. Они систематически встречаются в научно-технической литературе. Как показывает анализ переводов, количество ошибок, допускаемых переводчиками в данной категории слов очень велико, даже среди высококвалифицированных специалистов. Название «ложные друзья переводчика»- калька с французского faux amis du traducteur.Оно появилось в 1928 г. в работе французских ученых М.Кесслера и Ж.Дерокиньи Существуют немецкий и английский варианты кальки: « falsche Freunde des Ubersetzers» и «false friends». Анализ примеров «ложных друзей» показывает, что наибольшее количество ошибок возникает при переводе интернациональной лексики. Интернациональные параллели характеризуются общностью смысловой структуры и поэтому легко отождествляются при переводе. Однако, в результате таких отождествлений часто возникают ложные эквиваленты, поскольку наряду с общностью в их смысловых

структурах имеются и существенные различия. Несколько примеров: ***Adequate*** statistical data are only available for scintillation intensity –**точные** статистические данные получены лишь для интенсивности мерцаний ; consideration of this program design is thus necessary for ***adequate*** evaluation of system performance – поэтому для ***правильной*** оценки работы системы необходим анализ построения указанных программ.

При работе с английскими специальными текстами было отмечено, что особые затруднения вызывает перевод и понимание аттрибутивных именных словосочетаний, особенно многокомпонентных. С лингвистической точки зрения такие комплексы состоят из соединения не менее двух знаменательных слов (со служебными словами и без них) и представляют единую группу в грамматическом и семантическом плане. Как отмечается в работах исследователей данных структур ,теоретически количество членов любой субстантивной группы является неограниченным, но, в действительности объем группы регулируется различными ограничениями и, прежде всего спецификой памяти (по известной формуле 7+-2). Кроме того, структурно-семантическая роль данных компонентов неравноценна. В именных словосочетаниях различают опорное слово (или стержневое) и зависимые (позиционно несамостоятельные) присубстантивные элементы. Значение опорного слова всегда превалирует над значением зависимого. Поскольку в структурах такого типа все существительные располагаются линейно в виде цепочки, без специальной тренировки правильно определить границы и установить формально не выраженные структурно-семантические связи между членами такой цепочки весьма трудно. В процессе работы выделялись следующие типы: д**вухкомпонентные.** Например: vacuum tube – вакумная лампа; wave beam- волновой пучок; impurity atom- примесной атом; peak range-предельный диапазон; routine analysis- обычный анализ (не рутинный); frequency response-реакция на частоту; surface science – наука о поверхностных свойствах твердых тел .При переводе **трехкомпонентных** структур используются такие же способы , что и для двухкомпонентных. Например: electron hole pair – электроннодырочная пара. Однако, значительно чаще при переводе используется обратный порядок слов. Например : velocity distribution function – функция распределения по скоростям. В **многокомпонентных** структурах(4 и более компонентов) понимание и перевод особенно затрудняется из-за интерферирующего влияния русского языка, в котором такие сложные комплексы отсутствуют. Перевод обычно делается с помощью описательных конструкций. Например: the thorium-argon hollow-cathode comparison source- ториево-аргоновый с полным катодом источник сравнения; a diamond-coated multi-walled CNT “teepee” structure-многостеновая УНТ структура типа «типи» с алмазным покрытием.

При работе с данными структурами необходимо также учитывать

экстралингвистические факторы, в первую очередь научные реалии.

В качестве заключения можно сказать, что рассмотренные принципы успешно реализовывались в группах с разным уровнем подготовки. На основе учета индивидуально-психологических особенностей аспирантов определялись необходимые стратегии в обучении чтению и адекватному осмыслению научно-технических текстов.

Библиографический список:

1. Learn to Read Science. Курс английского языка для аспирантов : учеб. пособие / руков. Н.И. Шахова. – 9-е изд. – М.: Флинта: Наука, 2008. – 360 с.

2. Боголепова С.В., Шадрова Е. . Методология Language Awareness при разработке курса академического английского языка для аспирантов и преподавателей. Иностранные языки в высшей школе 2014 - №4 (31). С.74-82

3. Alsic: Apprentissage des Langues et Systemes d’Information et de Communication. http : // alsic.u-strasbg. fr/

4. Translation Journal. A Publication for Translators about Translators and Translation. http : // accurapid.com/journal

5. Основные понятия англоязычного переводоведения. Терминологический словарь справочник. Москва Институт научной информации по общественным наукам (ИНИОН) РАН, 2011

6. Елин П.А.Особенности перевода научно-технического текста// Научная периодика: проблемы и решения. 2012 №4 .С.11-13

7. Жидков А.В. Научно-технический язык и научно-технический перевод Science Time. 2014.№5(5) С.67-71

УДК: 140.8

О ПОНЯТИЯХ ТРАДИЦИИ И ИННОВАЦИИ

Гладышева С.Г., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Сложность преподавания гуманитарных дисциплин в нашей стране обусловлена ситуацией общей неопределенности и неоднозначности мировоззренческих ориентиров, характерной для постсоветского периода. Эта неопределенность касается и трактовки таких понятий, как «традиция» и «инновация». Поэтому требуется их современное осмысление. С одной стороны, существует преемственность позитивной оценки инновации от марксизма, являющегося модернистской философией, к постмодернистской мысли. С другой стороны, в постсоветское время происходит интенсивное обращение к

традиции; ее негативная оценка перестает быть однозначной, «минус» все чаще сменяется на «плюс». Более того, и в постмодернистской философии отношение к традиции оказывается скорее, положительной. В данной статье хотелось бы, не затрагивая постмодернистскую ситуацию, сосредоточиться на рассмотрении традиционного и модернистского мировоспирятий.

Рубеж между традицией и инновацией пролегает по XVI веку между эпохой «до модерна» и эпохой модерна. Период «до модерна» в европейской культуре представлен как античность и христианское Средневековье. При всей разнице существует общность мировосприятий этих эпох, состоящая в ориентации на традицию. Новоевропейская культура, начиная с Ренессанса и Реформации, напротив, с очевидностью ориентирована на инновацию.

Философское основание этого разделения состоит в том, что, в отличие от модерна, античность и христианство – онтологичны. То и другое ориентировано на сущее (в христианстве – на Сущего) как на причину и исток. Радикальная разница между античностью и христианством состоит в том, что для античности сущее – «что», например, у Аристотеля – безличный Ум, определяющий порядок космоса; а в христианстве – «Кто» - Единая Усия в трех Личностных ипостасях. Но в данном случае важно, что в обоих случаях сущее предстает как истина бытия, его полнота и совершенство. И, как таковое, воспринимается истоком и целью человеческой жизни. Наличие трансцендентного измерения сообщает осмысленность земной жизни и указывает перспективу жизни вечной.

Перелом к модерну – эпоха Возрождения. С одной стороны, Ренессанс – это гуманизм, утверждающий первенствующее значение «кто». С другой – христианское учение о Личном Начале мира в XV-XVI вв. подменяет античная - неоплатоническая метафизика с безличным Единым в качестве вершины онтологической иерархии. В дальнейшем концепция универсального теизма (мир-распространенный бог) получает распространение как новоевропейская версия метафизики. В качестве ее альтернативы в Новое время развивалась и деистическая метафизика, где «чтойностью» мира-механизма, оторванного от Бога, оказывалась его, уже не наполненная божественной жизнью, материя.

Конечно, после тысячелетия христианства действительного возрождения античности не получилось. Человек, осознавший свою сущность не просто как разум, схватывающий мировую форму в своей мысли, а как «кто» - связанная с Богом и свободная от обусловленности космическим логосом личность, уже не мог находить удовлетворение во встрече с основой мира, понятой как «чтойность»; не мог воспринять себя частью одухотворенного теистического, и тем более, неодухотворенного деистического космоса. Человек как «кто» стал воспринимать себя как единственно подлинно сущее, господствующее благодаря своему разуму над предлежащем

ему миром. Идея прогресса, определяющая для модерна, с особой остротой переживалась в эпоху Просвещения. Человек XVIII века осознал, что он призван раскрывать и утверждать свою – уже самостоятельную, автономную от Божественного бытия существенность в истории; через свободное творчество. Не повторять старый образ жизни, где традиция закрепляла «вертикальную» обращенность к высшей реальности, а создавать новый, где реализация себя происходит только «в горизонтали».

Десакрализация, или, что то же, деонтологизация мира стала главной характеристикой эпохи модерна. Постепенно нарастающее осознание несущественности мира, данного в восприятии; как и утрата ощущения существенности самим «я», не вели в рамках модернистского мировоззрения к требованию повернуть назад, к восстановлению онтологической «вертикали». Напротив, модерн вырабатывал стратегию человеческого существования в деонтологизированном мире, которая заключалась в интенсификации, во все большем ускорении «горизонтального» движения, в обнаружении и освоении нового.

«Устранение метафизической вертикали в обществе, поставившем на человека–как–свободного–деятеля) привело к выдвижению на первый план феноменов новизны и скорости (скорости перемещения, коммуникации, скорости материального и символического производства и обмена и т. д.)» [2].

В современной ситуации, называемой постмодерном, конечная цель прогрессивного развития уже не представляется в виде далекого рая. Напротив, рай мыслится уже осуществленным [4]. Акцент смещается на человека – потребителя, счастье которого связывается исключительно с удовлетворением его «посюсторонних» потребностей. Утверждение в собственном «есть» предстает как интенсификация потребления, когда обнаруживаются и удовлетворяются все новые «хочу». Инновация, как возможность по-новому использовать психо-физический ресурс человека, открыть еще одну грань наслаждения жизнью, оказывается главной составляющей человеческого существования, ее основным наполнением.

Утверждение автономии «я», деонтологизация и культ новизны, таким образом, оказываются уже изначально тесно связаны. Поток постоянно обновляющихся и интенсифицирующихся переживаний радостей жизни воспринимаются как счастье в полном и последнем смысле. Высшее счастье, последний смысл жизни оказываются имманентными этому потоку. Человек модерна отличается от до-модернистского тем, что его существование «в потоке» уже не предполагает остановки, для взгляда на жизнь «со стороны», для восприятия ее как завершенного целого, «перед лицом смерти». Человек эпохи модерна – одномерен. Вместо того, чтобы искать «выход» к вечному из потока повседневности, он пытается утвердиться в своей бытийности через повышение динамизма собственной жизни. Скорость изменений должна быть такой, чтобы сама мысль об остановке «не вмещалась» в его сознание.

С возрастанием скорости инновационных изменений связана такая характеристика мировосприятия позднего модерна и постмодерна, как поверхностность восприятия жизни. Собственно, скорость появления нового наращивается как раз для того, чтобы человек постоянно «оставался на поверхности».

Человек, лишенный корней, не привязанный к традиционной – религиозной, семейной, профессиональной и т.д. идентификации, –становится номадом-кочевником, постоянно открывающим новое. Дело не только в том, что он чрезвычайно полюбил путешествия (хотя и это тоже – черта времени). «Сквозь» сознание человека эпохи постмодерна за единицу времени протекает несоизмеримо большее, по сравнению с сознанием «до модерна», количество новых вещей, и соответственно, новых знаний о том, как с ними взаимодействовать. Увеличивается также и количество контактов с новыми людьми.

В результате, все более скоростным, а значит, «поверхностным» оказывается отношение к вещам, знаниям, людям [1]. Как отмечает С.А. Лишаев, наивысшая на сегодняшний день скорость достигнута в симулятивном пространстве масс-медиа (включая сюда и Интернет) [2]. Действительно, медиа-пространство сегодня можно считать выразителем духа времени, главным фактором удержания «на поверхности» носителей постмодернистского сознания. Однако, эпохе модерна и, тем более, постмодерна не удается избежать проблем, связанных с отсутствием «вертикали».

Последний аспект модернистского культа новизны, который хотелось бы затронуть в рамках данной статьи – это избегание тем старости, болезни и смерти в эпоху позднего модерна и постмодерна. Неоднократно упомянутая статья С.А. Лишаева посвящена именно теме боязни старения в современном мире.

Дело в том, что старость и болезни снижают скорость движения «по поверхности», и оттого через них более всего открывается неудовлетворительность модернистского подхода к человеческой жизни. Само их наличие выявляет, как в притче о царевиче Сиддхартхе, иллюзорность «поверхностного» счастья. В особенности, эту неудовлетворительность открывает присутствие в мире смерти.

Богослов А. Шмеман полагает, что смерть в современном мире, – потерявшая значение события, придающего смысл жизни, превратилась в невроз, в болезнь, требующую лечения. Точнее, лечения требует тревога. «Ибо на глубине, под кажущимися непробиваемыми и научными защитными механизмами, выстроенными секуляризмом, человек знает, что если смерть не имеет смысла, то не имеет смысла и жизнь, не только сама жизнь, но и ничто в этой жизни». Отсюда – скрытое отчаяние и агрессия нашей на вид счастливой и рациональной секуляристской культуры [3. 38].

Иными словами, выясняется, что пост-христианское общество, утратив-

шее веру в Бога и воскресение мертвых, оказалось не способно придать жизни какой-то иной (не религиозный) смысл. С «выпадением» трансцендентной инстанции божественного «отнести» жизнь стало не к чему, и человеческое бытиё оказалось незавершенным, неоправданным и неосмысленным [2].

Сегодня создается ощущение, что постмодерн дошел до последнего края проекта модерна, обнаружил, что его следствием стало отрицание все еще привычного понимания человека. Сегодня, как никогда ранее, на повестке дня оказывается вопрос о повороте, об обращении к онтологической основе человеческой жизни, о взыскании сакрального измерения бытия. Но дело не идет о простом воспроизведении традиции. Наверное, это уже невозможно для тех, чьи предшествующие поколения ориентировались на инновацию. Скорее, имеет место попытка людей, уже оторванных от традиции, понять ее суть. Для них это обращение к «посланию», заключенному в традиции, оказывается не традицией собственно, а самой радикальной инновацией в жизни.

Библиографический список

1. Голофаст В.Б. Люди и вещи // Социологический журнал. – 2000. – № 1-2 // URL: http://www.nir.ru/sj/sj/sj1-2-00gol.html

2. Лишаев С.А. Старость и современность // Вестник Самарской гуманитарной академии. Серия «Философия. Филология». – 2007. – № 1. – С. 71-81 // URL: http://www.phil63.ru/starost-i-sovremennost

3. Шмеман А. Литургия смерти и современная культура. – М.: ГРАНАТ. 2013. – 176 с.

4. Фукуяма Ф. Конец истории и последний человек. – М.: АСТ, 2010. – 588 с.

УДК: 658.336

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ СОЦИАЛЬНОГО СТАТУСА ИНЖЕНЕРА В СОВРЕМЕННОЙ РОССИИ И ФАКТОРЫ ВЛИЯЮЩИЕ НА НЕГО

Грачёва Е.К., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Социальный статус – это положение человека в социальной структуре общества, занимаемое им в соответствии с возрастом, полом, имущественным доходом, профессией, семейным положением. Как видно из определения, вопрос оценки социального положения многогранен и требует комплексного подхода. Необходимо учитывать особенности общества, в котором осуществляет свою деятельность инженер, и времени, в котором он живет.

Вопрос о статусе инженера в современном обществе является очень актуальным. Однако чтобы определить социальное положение инженера, сначала нужно уточнить, кем же по своей сути он является. С одной стороны, инженер – это специалист с высшим техническим образованием. Обладая высшим образованием, он имеет знания, позволяющие ему успешно реализовывать свои идеи и замыслы при помощи имеющихся технических средств. Для этого необходимо на хорошем уровне разбираться в технике и технологиях, экономике и организации производства. Кроме того, инженеру помимо научно-технических знаний необходимо обладать таким качеством, как изобретательность, т.е. инженер – это также изобретатель и творец. Ведь чтобы создать что-то инновационное, чего ранее не существовало, человеку необходимо уметь творить, как творят художники и писатели, необходимо иметь, как говорится, «творческую жилку». Стоит также заметить, что деятельность, сопряженная одновременно и с творчеством, и с техникой неизбежно приводит к появлению новых технических решений, то есть инженер также является двигателем технического прогресса, а, как известно, все изобретатели, создавшие что-то действительно важное, оставляют след в истории. Отсюда следует, что социальное положение высококвалифицированного инженера должно быть высоким.

Как известно, в начале и середине XX века социальное положение инженеров было выше, чем сейчас. Инженерное образование считалось престижным, а человек, получивший его, считался уважаемым, ведь обычному рабочему, деятельность которого далека от деятельности высококвалифицированного инженера, были неведомы знания, которые использует инженер каждый день. К таким знаниям можно отнести естественные и технические науки. Инженер знаниями пользуется ежедневно и на основе их создает решения, которые воплощаются в конкретные устройства и механизмы. Например, чудо инженерной мысли – автомобиль, метро, да и весь транспорт в целом. Какой человек может сейчас представить свою жизнь без них? Мало найдется таких людей. Инженер является важным посредником между повседневностью и наукой, именно через него наука вливается в нашу обыденную жизнь, особенно это важно сейчас, когда обществу необходим труд инженеров как строителей экономики знаний [1]. Обществу также необходимы инженеры как люди, реализующие прорывные идеи и технологии. Под влиянием деятельности инженеров радикально меняется общество и образ жизни людей.[3]

В настоящее время для успешного осуществления продвижения общества вперед необходима деятельность инженеров, специализирующихся в различных направлениях. Например, есть инженеры-конструкторы (они занимаются разработкой конструкции оборудования,

приборов и др.), есть инженеры-строители (их задача – разработка строительных конструкций), есть инженеры-программисты, которые занимаются разработкой программного обеспечения для различных прикладных задач. Помимо этих существует еще множество направлений, каждое из которых требует специфических знаний от инженера. Кроме того, реализация технологии производства какой-либо вещи требует труда множества различных инженеров, труд каждого из которых будет приложен на определенном этапе производства. Вот основные этапы инженерной деятельности: прикладные исследования, планирование, проектирование, конструирование, разработка технологии изготовления, подготовка технической документации, производство, наладка, испытание, эксплуатация, техническое обслуживание, ремонт и утилизация устройства, управление качеством. И без деятельности всех этих инженеров современное общество существовать не может.

Критерием успешности инженера является его полезность обществу. Так, например, в нашей стране без творческого инженерного труда невозможно перейти от сырьевой модели экономики к инновационной. Этот переход становится все более необходимым с каждым годом. Ведь что есть сырьевая экономика? Это экономика, основанная на экспорте сырьевых ресурсов, запасы которых ограничены, и по некоторым оценкам могут закончиться в ближайшее столетие. То есть эта модель является тупиковой ветвью развития экономики, а значит необходимо внедрение инновационной модели, суть которой – экспорт готовых высокотехнологичных изделий, имеющих высокую добавочную стоимость. Однако тут кроется следующее противоречие: сырьевая модель экономики не стимулирует творческий инженерный труд, а без него не получится перейти к инновационной экономике. Данное противоречие становится очевидным, если взглянуть на низкую зарплату высококвалифицированного инженера и высокую у человека, находящегося на хорошей должности в нефтедобывающей компании.

Таким образом, заниматься инженерной деятельностью в нашей стране становится невыгодно, а те, кто хочет ею заниматься, вынуждены уезжать из страны. О чем свидетельствует поток эмиграции из России молодых специалистов, среди которых подавляющее большинство людей с высшим техническим образованием. Если посмотреть на зарплату инженеров одной квалификации в России и зарубежных странах, то окажется, что в России инженеры получают меньше, чем их коллеги на западе. Но зарплата не может быть единственным критерием оценки деятельности инженера, инженеру нужно еще и общественное признание, однако в нашей стране, в силу экономических причин труд инженера не так популярен, хотя и необходим. В связи с этим у простого человека, формируется несколь-

ко пренебрежительное отношение к людям, делающим действительно полезные вещи, продвигающие научно-технологический процесс вперед. То есть, чтобы улучшить общественную оценку, являющуюся одним из факторов формирования социального положения, нужно вести такую просветительскую деятельность среди широких слоев населения, которая будет объяснять, в чем смысл и значение инженерного труда, и почему труд инженера необходимо ценить. [2]

Однако формирование положительного мнения невозможно без создания новой системы ценностей и формирования материальной базы, стимулирующий инженерный труд. Для поднятия социального статуса инженера в первую очередь необходима смена экономической модели экономики, ориентация не на продажу сырья, а на развитие промышленности. То есть необходима реиндустриализация — создание новых, высокотехнологичных производств и новых отраслей промышленности. Также стоит отметить, что использование только своих разработок при низком уровне развития технологии не самый разумный шаг, более эффективным будет использовать разработки иностранных ученых, на их основе создавая нечто свое, тем самым осуществляя сотрудничество. Это все может затянуться на весьма длительное время, но только при воплощении процесса реиндустриализации (новой индустриализации), в которой инженерные кадры традиционно играют ведущую роль, можно надеяться на повышение социального статуса и популярности инженерных профессий, а значит увеличение востребованности данной профессии на рынке труда.

Библиографический список

1. Зайцева Л.А. Философия инноваций: инновационные технологии - архитекторы будущего // Труды Всероссийской научной конференции. Инновационные стратеги развития науки, техники и общества. – М.: МГТУ МИРЭА, 2014.

2. Зайцева Л.А., Кочеткова Л.Н. Креативный класс как ресурс становления и развития инновационного общества // 62 Научно-техническая конференция МГТУ МИРЭА. Сборник трудов. Ч. 4. Проблемы высшего образования. Гуманитарные и экономические науки. – М.: МГТУ МИРЭА – 2013, с 63-68.

3. Кочетков В.В., Кочеткова Л.Н. К вопросу о генезисе постиндустриального общества // Вопросы философии. – 2010. – №2, с. 23-34.

4. Сакс Д. Цена цивилизации. – М.: Издательство института Гайдара, 2012.

5. Флорида Р. Большая перезагрузка. Как кризис изменит наш образ жизни и рынок труда. – М.: Классика -XXI, 2012.

УДК 62-05

ИСТОРИЯ РАКЕТОСТРОЕНИЯ В МИРЭА КАК ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ФАКТОР В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ СТУДЕНТОВ

Клюшник Д.А, МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Современная ситуация на рынке труда требует развития инженерной деятельности и инженерного образования. Представляется, что знание студентами истории развития выбранной специальности поможет им в мотивации к добросовестному и ответственному обучению в стенах института. Студенты должны четко представлять свои цели и ценности в образовательном процессе, и тем самым формировать себя как высококвалифицированных специалистов. Знание истории формирования МИРЭА, института РТС полезно для студентов данного направления образования.

Вторая мировая война (1939-1945 гг.) стала крупнейшей экономической катастрофой для СССР и ряда других государств. Было уничтожено более 30% национального богатства Советского Союза. Процесс восстановления и развития промышленности, транспорта, других отраслей проходил ценой сверхнапряжения и концентрации ограниченных ресурсов. Стране требовались образованные люди, в срочном порядке нужно было отлаживать производства, укреплять оборону страны за счет новейших вооружений и разработок.

Шел 1947 год. Отечественная война еще не далекое прошлое. Она - вчерашний день... С 1 сентября по распоряжению Совета Министров СССР от 28 мая 1947 г. начал работать Всесоюзный заочный энергетический институт подготовки и усовершенствования инженеров. ВЗЭИ являлся головным институтом в системе заочного образования по энергетическим и радиотехническим специальностям, готовил инженеров для оборонной промышленности и многих новых отраслей энергетики. Продолжая традиции российской инженерной мысли, ВЗЭИ видоизменял свои функции в соответствии с потребностями науки и техники. В процессе его деятельности формировались многие направления учебного процесса, структура и кадры современного технического вуза. Так, в начале 60-х годов в связи с необходимостью расширения подготовки специалистов по радиоэлектронике и электронной технике развернулось реформирование ВЗЭИ — переход от преимущественно энергетического направления вуза к наукоемким технологиям. Масштабная модернизация ВЗЭИ стала осуществляться после того, как 19 декабря 1964 года ректором института был назначен крупный организатор высшего образования и науки Н.Н. Евтихиев. Постановлением Правительства от 30 июня 1967 года Всесоюзный заочный

энергетический институт (ВЗЭИ) был преобразован в Московский институт радиотехники, электроники и автоматики (МИРЭА).

Благодаря поддержке таких академиков как Семенихин В.С., Пилюгин Н.А., Берг А.И. и др., решением военно-промышленной комиссии была принята оригинальная для технического образования система обучения: «вуз - базовая кафедра». Базовые кафедры были организованны на ряде ведущих предприятий оборонных отраслей промышленности города Москвы. Такая концепция обеспечивала качественный и современный на тот момент уровень подготовки специалистов, которые быстро адаптировались и включались в реальную работу. Тесная связь с наукой и производством обуславливала актуальность дипломных работ, выполненных по тематике базового предприятия или выпускающей кафедры института.

В МИРЭА велись работы по оснащению ракет, самолетов, кораблей и другой военной техники различным, иногда даже и уникальным, радиоэлектронным оборудованием, которое увеличивало общие характеристики и давало огромное преимущество военной технике. Старейшим факультетом института, ведущим свое начало с послевоенного периода, является радиотехнический факультет. Здесь научный коллектив кафедры радиопередающих устройств разработал и изготовил радиопередающее устройство с электроннопучковой антенной для орбитальной станции «Мир». Устройство было установлено в 1988 г. и проработало в течение 13 лет. С его помощью было совершено более 500 сеансов связи. В 1994 г. непосредственно из стен института космонавт Анатолий Павлович Арцебарский провел сеанс связи с ракетным комплексом «МИР».

Также необходимо отметить огромный вклад академика Пилюгина Николая Алексеевича в развитие ракетостроения СССР. Он является основоположником отечественных систем автономного управления ракетными и ракетно-космическими комплексами. Под руководством Н.А. Пилюгина были разработаны системы автономного управления многих советских баллистических ракет (таких как Р-1, Р-7), с которыми связанны все основные успехи в освоении космоса: запуск первого спутника, первый полет человека в космос, многоразовый транспортный космический корабль «Буран». Н.А. Пилюгин считается также основоположником первых отечественных межконтинентальных ракет, первого советского искусственного спутника Земли, космических аппаратов для исследования Луны и ряда других планет. Всего более 70 типов изделий боевого и мирного назначения были сконструированы под его руководством.

Н.А. Пилюгин совместно с В.С. Семенихиным в МИРЭА организовали первые базовые кафедры, готовящие специалистов в области систем управления (кафедры автоматики и приборостроения, автоматизированного проектирования, конструирования радиоэлектронных систем и др.). Академик Пилюгин разворачивал работу по системе управления ракет уже

на своей новой базе на юго-западе Москвы. Получив задание разработать полностью автоматизированную систему подготовки пуска с временем готовности не более трех минут, он также решил захватить систему дистанционного управления и контроля (в окончательном варианте для РТ—2 была принята на вооружение система дистанционного управления пуском, разработанная в Ленинградском НПО "Импульс").

В 1988-1990 гг. коллективом инженеров и ученых под руководством А.П. Реутова (заведующего кафедрой Радиопередающих устройств с 1986 г.) были разработаны и унифицированы многофункциональные радиоэлектронные цифровые комплексы систем управления вооружением самолетов МиГ-29 и СУ-27. В науке А.П. Реутов специализировался в области радиолокации с синтезированной апертурой, систем информатики и методов формирования и обработки радиосигналов; являлся разработчиком радиоуправляемого оружия и систем радиолокационного обзора Земли со сверхвысокой разрешающей способностью, был инициатором разработки дистанционной радиоуправляемой робототехники. Под его руководством были созданы малоразмерные многофункциональные дистанционно-управляемые летательные аппараты для решения задач контроля энергосетей, состояния коммуникаций, обеспечения спасательных работ в сложных метеоусловиях.

Необходимо отметить и современные достижения МИРЭА в ракетостроении. Научная группа "Научно-технического центра высоких технологий плазмодинамики", которой долгое время руководила д.ф.-м. наук А.И. Бугрова, проводит работы по созданию, разработке и конструированию плазменных ускорителей. Эти стационарные ускорители обладают уникальными характеристиками: имеют высокий КПД, большой удельный импульс, мало расходящуюся струю и низкий уровень шумов в широком диапазоне частот, поэтому они могут быть использованы для выполнения различных задач в ионно-плазменной технологии и в Космосе на борту искусственных спутников Земли. Их отличительная особенность в том, что им нет аналогов в мировой технике. В результате работ данной научной группы был создан и испытан параметрический ряд плазменных источников, работающих в широком диапазоне мощностей и на различных рабочих веществах. Двигатели малой мощности (до 300 Вт) способны работать на малых космических аппаратах, используемых для связи и для метеорологических измерений.

Сегодняшних студентов, выбирающих специальности, связанные с приборо- и ракетостроением, волнует вопрос о перспективах развития этой области. К сожалению, пока многие заводы времен СССР законсервированы, а новые практически не строятся. Однако, очень хорошо развиваются системы ПВО и РЛС с АФАР, в том числе и оптоволоконная связь. При помощи оптоволокна можно выходить на сверхвысокие частоты, оптика не подвержена воздействию электрических помех, что делает ракеты и комплексы на

основе оптоволокна невидимыми на радарах. Такие комплексы могут выступать в качестве источника помех, что серьезно затруднит связь противника, они практически неуязвимы перед электромагнитным оружием, а это крайне затруднительно делать при помощи обычной электрической связи.

Пока еще нужно признать, что наша страна находится в техническом кризисе, и для выхода из него крайне необходимы глубочайшие, фундаментальные открытия и изобретения. Необходимо создать новую уникальную фундаментальную базу в области оптоэлектроники, которой нет за рубежом (ни в Германии, ни в Швейцарии, ни в Соединенных Штатах). Эта область науки начинает стремительно развиваться, и хочется надеяться, что мы еще сможем удивить мир своими когерентными лазерами, vcsel (поверхностно-излучающий лазер с вертикальным резонатором) лазерами, фотоприемниками, модуляторами. Нужно отдать должное российскому физику Ж.И.Алферову за огромный вклад в этой области, за что он и получил Нобелевскую премию. Необходимо развернуть мощнейшую работу по привлечению, по существу, всего научного потенциала страны: целевых промышленных институтов, к которым принадлежит и наш институт. Если это станет национальной программой, то, возможно, спустя 10 лет мы войдем в тройку лидеров государств в области высоких технологий.

В заключение хочется сказать, что история страны и науки создается конкретными людьми. Для успешного развития инженерии в нашей стране и в стенах МИРЭА талантливым преподавателям в процессе обучения стоит активно вовлекать студентов в проектные и научно-исследовательские работы института. Это поможет студенту убедиться в правильности его выбора будущей профессии и раскрыть свои таланты в инженерной области.

Автор благодарит сотрудника музея МГТУ МИРЭА Татьяну Элевну Гельфман за помощь в поиске и подборе материалов для написания статьи.

Библиографический список

1. Гельфман Т.Э., Епонешнекова Г.В., Проколова Л.И., Суслов А.Д., Шмакова Д.М. Страницы истории МИРЭА (по материалам музея МИРЭА). – М., МИРЭА, 2007. – 50 с.

2. Мацак А.В., Замуруев С.Н., Синицын И.Н. Радиопромышленность. А.П. Реутов // Наукоемкие технологии. – 2006. – № 7. – С. 9-13.

3. Мацак А.В., Замуруев С.Н., Синицын И.Н. Информационная безопасность в телекоммуникационных сетях // Наукоемкие технологии. 2006. – № 8. С. 47-53.

4. Гладышева Е.В., Марычев Е.А., Тихонов А.А. История и перспективы развития инженерной деятельности и инженерного образования в России (инновационный аспект) // Вестник МГТУ МИРЭА («Herald of MSTU MIREA»). – 2014. – № 3(4). – С. 270-284.

УДК 658.3.07

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПОДГОТОВКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КАДРОВ ДЛЯ НАУКОЕМКИХ ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Куртеева Ж.А., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Подготовка профессиональных кадров для наукоемких отраслей промышленности актуальна как для выпускников технических вузов, так и для наукоемких отраслей промышленности, которые сильно заинтересованы в экономическом росте и развитии предприятий, где напрямую идет зависимость от профессионализма кадров, вкладывающих свои силы в повышение производительности наукоемких отраслей промышленности в целом. В последние время идет серьезное наращивание экономического потенциала большинства высокоразвитых стран за счет научно-технической и технологической инновации в наукоемких отраслях промышленности. Активная роль лежит в основном на государстве. При разработке и производстве инновационных наукоемких изделий требуются создание необходимой для этого экономической базы, подготовки профессиональных кадров и значительных расходов на научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки. Во многих европейских компаниях основная часть сотрудников занята новыми разработками, порядка 70 % ученых и инженеров, в том числе специалистов работают в сфере электронных систем и программного обеспечения. В случае нехватки уровня знаний на определенном этапе, специалиста отправляют на профессиональное обучение, где срок подготовки может варьироваться, в зависимости от изучаемой области и иногда достигает порядка 8 лет.

Изменение в лучшую сторону всех экономических показателей в России напрямую зависит от квалификации кадров на предприятии, что подразумевает полную отдачу в работе высококвалифицированного специалиста, знания которого на сегодняшний день практически не соответствуют полученным знаниям и компетенциям по окончанию технического вуза. Необходимо повышение эффективности отраслевых систем подготовки студентов в качестве кадров в наукоемких отраслях промышленности. Также предполагается повышение квалификации уже имеющихся специалистов и сотрудников, что позволит привести в соответствие потребности предприятия с возможностями обучаемых специалистов. При развитии российской инновационной экономики, национальная технологическая база и наукоемкое производство требует современных кадровых решений. Вследствие чего именно государ-

ство должно определять перспективу подготовки руководителей и научных специалистов, технических инженеров и рабочих. Ясно, что модернизируя промышленность и развивая наукоемкие технологии двойного назначения государство увидит значительные изменения в структуре занятости. Но предприятия стали много требовательнее к подготовке специалистов. Сегодня инженерные кадры должны обладать необходимыми производственными навыками, так и личностным потенциалом, современными знаниями и профессиональными навыками. На сегодняшний день нам необходима стратегия подготовки профессиональных кадров для наукоемких отраслей промышленности в масштабе всей страны. Сюда можно отнести и переподготовку кадрового потенциала для модернизации предприятий, подготовку новых молодых научно-педагогических кадров признанных во всем мире, специалистов и научных исследователей, а так же простых рабочих.

Анализируя целевые программы, целью которых является формирование методической базы по взаимодействию предприятий высокотехнологичных секторов промышленности с инфраструктурной в сфере профессионального образования, целесообразно рассмотреть задачи программы, которые характеризуются следующим образом:

Во-первых, необходимо предусмотреть постоянное улучшение системы прогнозирования потребностей в наукоемких отраслях промышленности в профессиональных кадрах и специалистах.

Во-вторых, создать условия для развития инфраструктуры непрерывного образования и дополнительной переподготовке существующих специалистов.

В-третьих, необходимо рассмотреть возможности внедрения стандартов, которые будут основаны на отраслевой стратегии развития и на использовании ее в наукоемких отраслях промышленности. Так же пересмотреть и внести изменения в федеральные государственные образовательные стандарты профессионального образования.

В-четвертых, необходимо по новому разработать методики и формы привлечения молодых специалистов в наукоемкие отрасли промышленности, выявить мотивации, внедрить в процесс.

В-пятых, проанализировать рынок труда в наукоемких отраслях промышленности и учесть инновационные разработки, возможности приема молодых специалистов на практику в процессе обучения с возможностью дальнейшего трудоустройства.

Частично вышеупомянутые задачи начали решаться еще в 2009 году. Но как мы можем видеть в настоящее время, не все секторы наукоемкой промышленности были охвачены данной тематикой. Постоянно меняющийся перечень потребностей в профильных специалистах, новая методика по разработке профессиональных стандартов и возможности привлече-

ния молодых специалистов сильно ограничены. Все эти задачи достаточно трудоемки и требуют разноплановой подготовки, тесного взаимодействия с вузами и территориальной доступности.

Невозможно предположить, как сможет справиться рынок труда с появившимися кадровыми проблемами самостоятельно. Эта проблематика освещалась многократно, но в силу активного развития инновационных технологий предприятия не успевают получать то, на что они рассчитывают во вновь открывшихся областях. Межвузовская и корпоративно-образовательная интеграция ресурсов ложится тяжелым грузом на плечи предприятий. Выпускники инженерных вузов недостаточно подготовлены к работе на таком высоком уровне предприятия, в частности, большинство выпускников не очень хорошо владеют современными методами проектирования и совсем не чувствуют полезности той или иной информации, необходимой для развития производства. После прихода на предприятие, таких инженеров приходится учить и адаптировать к высокотехнологичному производству, а для карьерного роста, большей части молодых специалистов с высшим образованием нужно провести через «рабочие» специальности, показав практических опыт, на что многие обижаются и не желают идти на компромисс, не соглашаются обучаться и уходят. В настоящее время на инженерно-техническую должность сразу может претендовать лишь 50 % вчерашних студентов, которые зарекомендовали себя во время учебы на производственной практике. На управленческие должности могут попасть лишь менее 5%. Выпускникам вузов не просто адаптироваться на предприятиях, так как их представления о перспективах трудоустройства и будущей трудовой деятельности не совпадают с реальной обстановкой и соотношением спроса и предложения на них. Психологическая неподготовленность молодых специалистов к серьезной работе на предприятии нередко приводят к негативному восприятию работодателями выпускников вузов. Реформирование российской высшей школы было вызванной именно этой ситуацией путем создания параллельных структур, таких как федеральный и исследовательский университеты, а также инновационных компаний при вузах и не одной научной организации. Улучшение подготовки кадров для наукоемких отраслей промышленности неразрывно связано с повышением эффективности их использования. Все для того, чтобы хорошо подготовленные молодые люди не нашли способов избежать соприкосновения с отсталой технико-технологической производственной базой и косным менеджментом некомпетентных, но зато «своих» управляющих. Аналогично с повышением квалификации профессорско-преподавательских и научных кадров, заинтересованных во взаимодействии с передовыми предприятиями. К сожалению, многие федеральные гуманитарные управляющие предприятия и корпорации, владеющие полным технологическим циклом производства сложной

продукции, не смогли перестроиться в соответствии с достижениями научно-технического прогресса и рыночными условиями, что привело некоторые из них к тяжелым последствиям, включая деградацию качества кадров.

Необходима четкость в определениях компетентностей специалистов, которые будут отражены в изученных дисциплинах, а так же реальных возможных стажировок на предприятиях. Прозрачность во всем, вот чего не хватает молодым ученым в наше время. Будущий специалист при таком обучении, наполняется ценной и нужной информацией, что дает понимание важности и нужности данного специалиста в этой области. Важна стабильность. Любому специалисту в будущем необходимо развиваться, а в совместном развитии на много лет есть перспективы. Выявление мотиваций важно прорабатывать постоянно, идти в ногу со временем, никогда не останавливаться.

Оценка компетенций с помощью процессного подхода позволяет связать компетенции выпускаемых студентов технических вузов и базу требований в наукоемких отраслях промышленности с учетом внедренных инноваций, освоения нового оборудования, построение многочисленных лабораторий для экспериментальных определений и выполнения научно-исследовательской работы. Имея такие возможности в режиме реального времени любой специалист сможет понимать специфику работы, важность и нужность в изучении тех или иных дисциплин. Процессный подход к управлению компетенциями выпускников совместно с администрацией вуза даст прогрессивный рост в развитии, как вуза, так и базовых предприятий наукоемких отраслей промышленности. Возможности заключать долгосрочные контракты с будущими кадрами через технические вузы на перспективу и на взаимовыгодных условиях, вот цель, которая ведет к результату.

Библиографический список

1. Сигов А.С. Оценка и прогнозирование конкурентоспособности специалистов / А.С. Сигов, А.В. Сидорин // Управление качеством инженерного образования и инновационные образовательные технологии: сб. докл. междунар. науч.-метод. конф., Москва, 28-30 окт. 2008 г.: В 2 ч. – М., 2008. – Ч. 2. – С. 135–138.

2. Сидорин В.В. Учебно-научно-производственный комплекс – модель системы подготовки инженеров – кадрового потенциала высокотехнологичных отраслей промышленности // Инженерное образование. – 2011. – №8. – С. 30-37.

3. Сидорин А.В. Система требований к показателям качества инженеров для обеспечения конкурентоспособности организаций с инновационной стратегией развития // Вестн. качества. – 2008. – № 1. – С. 29–36.

4. Чучалин А.И. Уровни компетенций выпускников инженерных программ // Высшее образование в России. – 2009. – № 11. – С.3 // URL:

http://www.vovr.ru/upload/11-09.pdf.

5. Сидорин А.В. Система формирования кадрового потенциала для наукоемких высокотехнологичных отраслей промышленности. – М.: Нобель-пресс. 2012 г. – 333 с. с ил.

6. Виноградов Б. Кадры для отраслей высоких технологий // URL: http://pereformat.ru/2012/01/kadry-dlya-vysokih-tehnologij/

7. Сидорин В.В. Презентация на тему: Сертификация инженерных квалификаций – реализация концепции непрерывного образования. 2012 // URL: http://www.myshared.ru/slide/92556/

УДК 378.1

CASE-STUDY КАК МЕХАНИЗМ ФОРМИРОВАНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ НАВЫКОВ В ПРОЦЕССЕ ИЗУЧЕНИЯ СОЦИАЛЬНО-ГУМАНИТАРНЫХ ДИСЦИПЛИН

Кочеткова Л.Н., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия
Мельков С.А., государственного и муниципального управления Академии гражданской защиты МЧС России, Москва, Россия

В условиях реформы системы высшего образования без кардинальных изменений образовательного процесса, без вовлечения студентов в создание собственного учебного и научного контента вряд ли удастся изменить качество высшего образования в Российской Федерации. В статье представлен краткий анализ внедрения в практику образовательного процесса «метода кейсов» (метода ситуационного анализа), который призван формировать у студентов вузов, изучающих комплекс социально-гуманитарных и экономических дисциплин, не только теоретические знания, но и, прежде всего, практические навыки.

Проблематизация. В современных Федеральных государственных образовательных стандартах выдвигаются правильные, а иногда и весьма смелые положения о реформировании отечественной системы высшего образования. Фактически положено начало многим экспериментам в области образования в целях снижения теоретического уровня образования и приближения обучаемых к требованиям будущей профессии. Точнее, речь идет о приближении высшего образования к потребностям российской экономики.

В большинстве Федеральных государственных образовательных стандартов по многим дисциплинам уменьшено количество лекционных занятий и увеличено количество практических занятий, проводимых с использованием информационных, интерактивных технологий, направлен-

ных на акцентирование практических задач.

В данной статье мы кратко остановимся на эксперименте, проводимом в Академии гражданской защиты МЧС России, по внедрению в образовательный процесс метода *case-study* (метода ситуационного анализа).

1. Преподаватели кафедр государственного и муниципального управления, рекламы и связей с общественностью на занятиях по многим проводимым дисциплинам предлагают студентам решать учебные кейсы. Результат, на наш взгляд, вполне очевиден и прогнозируем: большинство студентов (бакалавры и магистранты) стали более уверенно, а главное, *самостоятельно* принимать решения в различных ситуациях. И это не удивительно: по нашим подсчетам в течение 4-х лет студенты решают примерно 32-35 учебных кейсов, а в последующие годы студенты будут решать примерно 70 учебных кейсов за 4 года.

2. По многим учебным дисциплинам, введенным в действие Федеральным государственным образовательным стандартом 3-го поколения, пока еще не удалось наработать базу учебных кейсов. Зато сейчас студенты в рамках изучения учебных дисциплин получают задания от преподавателя самостоятельно создавать учебные кейсы и реально их создают. Это такие учебные дисциплины, как "Управление проектами", "Исследование социально-экономических и политических процессов", "Региональная политика", «Политология», «Социология». В прошлом учебном году студенты-третьекурсники (работая в мини-группах по 2 студента на один кейс) создали 11 учебных кейсов по дисциплине "Информационная политика". Таким образом, не только преподаватели, но и студенты активно включаются в процесс проектирования кейсов.

3. Энергетически процесс вовлечения студентов в процесс создания кейсов является чрезвычайно затратным для преподавателя. Преподавателю легче действовать традиционными методами, исключая необходимость освоения новых методик и форм. А если преподавателю самому не интересно заниматься чем-то новым, то понятно, каков будет результат кейс-проектирования под руководством такого преподавателя. Жаль, но часто мы сами отказываем студентам в интеллектуально-волевой готовности создания новых инструментов получения необходимых знаний и навыков.

4. Кроме того, накоплен положительный опыт, когда студенты:
1) самостоятельно проектируют учебный кейс по определенной теме изучаемого курса и 2) самостоятельно проводят в группах не менее одного занятия по этому кейсу. Большинство студентов успешно справляются с этим заданием и получают (с их слов) немалое удовлетворение от своей работы.

5. В результате распространения метода case-study можно проводить кейс-олимпиады по разным дисциплинам. Возможно, что со временем удастся создать обучающий кейс-семинар для получения необходимой ин-

формации и обмена опытом между преподавателями различных вузов Российской Федерации.

6. В западных университетах метод «case-study» давно применяется, даже в преподавании таких абстрактных дисциплин, как философия. А такие учебные предметы, как социология, политология, культурология, которые призваны научить студента правильно ориентироваться в изменяющихся социально-политических условиях, демонстрировать активную жизненную позицию, не теряться в неожиданной жизненной ситуации, уметь действовать и принимать решения, нести социальную ответственность – как нельзя лучше подходят для применения в процессе обучения метода ситуационного анализа «case-study».

Общеизвестные слова «Забудьте все, чему Вас учили в вузе!», которые вынуждены выслушивать многие выпускники, должны навсегда уйти в прошлое, а современная система высшего образования должна готовить высококвалифицированные кадры не только с точки зрения прослушанных курсов, но и с точки зрения полученных практических навыков, как в профессиональной, так и социальной сфере, которые должны стать основой самореализации специалиста. Инновационной экономике нужны креативные специалисты, мотивированные и свободные, способные не только производить новые идеи, но и реализовывать их с учетом окружающих условий.

7. Большой проблемой для российских вузов (прежде всего, технических) является работа выпускников не по специальности. Зачем приобретать знания и практические навыки, если не понятно, где и кем ты будешь работать? А еще хуже, если во время учебы студент заранее знает, что не будет работать по специальности. В этом плане «case-study» позволит приблизить студентов к будущей профессии, показать её проблематику, актуальность, эвристичность, заинтересовать новыми возможностями и подходами.

Кафедра философии, социологии и политологии МГТУ МИРЭА также присоединяется к изучению и внедрению новых методов в образовательный процесс, проводит методические семинары по проблемам «case-study». Это обусловлено тем, что будущие инженеры нуждаются в таких социально-гуманитарных знаниях, которые бы отвечали специфике выбранной профессии и были бы востребованы в дальнейшей инженерной и научной деятельности.

Неслучайно в самом известном в мире техническом университете MIT социально-гуманитарное образование занимает достойное место среди технических дисциплин, а по количеству социально-гуманитарных курсов MIT опережает многие гуманитарные российские университеты – и это не ошибка, а императив современного образования в постиндустриальном обществе.

В завершение хотим четко зафиксировать свою мысль о том, что без активного вовлечения студентов в формирование образовательного кон-

тента, скорее всего, мы не сможем вызвать у обучаемых повышенный интерес к учебе и будущей профессии. А метод «кейс-стади» является одним из хороших вариантов решения этой задачи. В то же время применение этого метода не исключает проведение лекций, семинаров, практических занятий, деловых и функционально-деятельностных игр. Их сочетание, скорее всего, и даст оптимальный результат.

Библиографический список

1. Арабидзе И.Т., Ряжапов Н.Х., Чумаченко А.П. Современные технологии прогнозирования и планирования: учеб. пособие – Химки, Академия гражданской защиты МЧС России, 2014
2. Кансюзян Л.В., Кочеткова Л.Н., Немцов А.А., Сологян А.А. Студенты о профессии, учебе и о себе (опыт социологического сравнительно-сопоставительного исследования в ведущих технических вузах страны). // Этносоциум и межнациональная культура. 2014, №11(77), с. 29 - 45
3. Кочетков В.В., Кочеткова Л.Н. К вопросу о генезисе постиндустриального общества. //Вопросы философии. 2010, №2, с. 23-34
4. Кочетков В.В., Кочеткова Л.Н. Этос креативности и статус инженера в постиндустриальном обществе: социально-философский анализ. //Вопросы философии. 2013, №7, с.3-13
5. Кочеткова Л.Н. Аксиологические основания инженерного образования. //Социология образования, 2011, №12 с. 71-76
6. Кочеткова Л.Н. Проблемы преподавания гуманитарных наук в техническом вузе (ценностное измерение инженерного образования). //Ценности и смыслы, 2011, №4 (13), с. 142-148
7. Кочеткова Л.Н. Проблемы и перспективы преподавания гуманитарных наук в техническом университете. //Научный вестник МИРЭА, 2012, №1 (12), с. 31-38
8. Кочеткова Л.Н. Новые направления подготовки современных инженерных кадров: от знаний к компетенциям. /Сборник научных трудов I-ой Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и перспективы развития радиотехнических и инфокоммуникационных систем» «Радиоинфоком – 2013». Часть 2: Москва, 2013, с. 178-181
9. 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» - Москва, ВНИИгеосистем, 2014 – 234 с., с. 12-17
10. Мельков с.А., Перенжиев А.Н. Сборник кейсов по дисциплине «Политология»: учебное пособие – Химки, Академия гражданской защиты МЧС России, 2014

11.Сборник кейсов по дисциплинам «Государственная и муниципальная служба» и «Государственное и муниципальное управление»: учебное пособие под ред. С.А. Мелькова - Химки, Академия гражданской защиты МЧС России, 2014

12.Kochetkova L.N. INNOVATIVE TECHNOLOGIES WITHIN TECHNICAL ENGINEERING EDUCATION: SOCIO-PHILOSOPHICAI ASPECT. /Innovative Information Technologies. Materials of the International scientific practical conference. – Prague -2014, April 21-25 Part 1, 2014, c.369-376

УДК 16

ЭПИСТЕМОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВАНИЯ ФОРМИРОВАНИЯ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КАДРОВ ДЛЯ НАУКОЕМКИХ ОТРАСЛЕЙ

Никитина Е.А., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Взаимодействие науки, технологий и общества в последней трети XX – начале XXI в. претерпевает существенные изменения: возникает инновационная экономика, развивается технонаука, т.е. система наукоемких технологий, ориентированных на запросы рынка. Возрастание роли научных знаний во всех видах деятельности человека нередко трактуется как создание общества и экономики, основанных на знании [1], и, по сути, свидетельствует о формировании качественно иного уровня проектно-конструктивной деятельности человеческого сообщества и возрастании роли субъекта в современных цивилизационных процессах.

В этой связи нельзя не отметить, что в данных условиях существенно возрастает значимость научных дисциплин, исследующих процесс познания, и, прежде всего, значимость эпистемологии как философской теории познания, ведь проблематика познания, знания, информации становится острой, связанной с судьбами человека, общества, культуры [2].

Соответственно, обостряются проблемы, связанные с совершенствованием и развитием среды, в которой формируется интеллектуальный капитал общества, создаются и используются знания. И, в первую очередь, проблемы совершенствования и развития высшего профессионального образования как социального института, в котором формируются интеллектуальные, профессиональные ресурсы общества [2]. В современных условиях выигрывают, несомненно, те университеты, в которых существует развитая база для научных исследований, где будущие профессионалы мо-

гут приобрести навыки научно-исследовательской деятельности от преподавателей, ведущих научную деятельность, так как темпы современного научного развития и технологического прогресса достаточно высоки.

Одним из направлений совершенствования качества подготовки профессиональных кадров для наукоемких отраслей является формирование междисциплинарных знаний и навыков будущих выпускников. Актуальность данной задачи обусловлена, прежде всего, тем, что особенностью современного этапа развития науки и технологий является рост междисциплинарных исследований, т.е. такой формы организации исследовательской и проектной деятельности, в которой представители различных дисциплин взаимодействуют в процессе совместного изучения различных аспектов одного и того же объекта. Кроме того, практика показала, что более привлекательным кандидатом для работодателей вне образовательных и научных учреждений являются те кандидаты, которые обладают, помимо аналитических навыков, навыков управления и т.п., междисциплинарными знаниями и навыками, на основе которых формируется более широкая картина мира, способность работать «на стыке» различных дисциплин и функциональных областей, способность организовать коммуникацию с неспециалистами в данной сфере, объединять идеи из широкого круга источников и др. Отметим также, что формирование универсальных - общенаучных, инструментальных, социально-личностных и общекультурных компетенций выпускника технического вуза как оснований его компетентности в широком понимании, в немалой степени зависит от полученных междисциплинарных знаний, а также навыков междисциплинарной коммуникации и взаимодействия [3].

Вместе с тем, формирование междисциплинарных компетенций сталкивается с рядом сложностей эпистемологического характера, одна из которых состоит в том, что установки профессионального стиля мышления, на формирование которого нацелена система высшего образования, нередко вступают в конфликт с установками междисциплинарного мышления.

Действительно, формирование профессионала означает формирование особого, профессионального стиля мышления. В условиях растущей дифференциации знания в научном познании формируются различающиеся стили профессионального мышления ученых, специализирующихся в различных научных областях – естествознании, социально-гуманитарном знании, технических науках, логико-математических науках и т.д., основанные на соответствующих типах рациональности. В соответствии с тем или иным профессиональным стилем научного мышления, который формируется под влиянием присущих той или иной науке методологии, онтологии и т.п., формулируются проблемы, вопросы и гипотезы. На основе тех или иных способов профессионального мышления принимаются решения, при этом профессиональный

уровень принятия решений опирается на сложившиеся в данной профессиональной области традиции, правила, нормы [3, 4].

Между тем, междисциплинарное мышление требует «выхода» за пределы узкопрофессионального мышления, так как смысл его – в соединении различных типов знания. Так, междисциплинарная методология нацелена на согласование языков близких, смежных дисциплин. Междисциплинарность проявляется в единстве тех или иных методов или универсалий, применяемых достаточно далекими в объектном, онтологическом и методологическом отношении научными дисциплинами, в метафорическом переносе методов и структуры одной дисциплины на другую (такова, например, эволюционная эпистемология, в которой теории «выживают», «борются за существование» и т.п.), в разработке проектов сложных систем, включающих объекты разной природы (кибернетика, искусственный интеллект и т.д.). В сущности, междисциплинарное взаимодействие – это движение к жизненному миру человека.

Дополнительная сложность состоит в том, что сформированный профессиональный стиль мышления реализуется в немалой степени (как и всякий другой стиль мышления), на уровне неявного знания. Неявное, личностное знание субъекта выступает как целостный, неартикулируемый контекст явного, рационального познания, во многом не осознается субъектом, существенно влияет на результаты и эффективность научной деятельности, при этом не поддается полной рефлексии, что и составляет проблему при его изучении [5]. Отметим, что экспликации неявного знания способствует применение в процессе обучения игровых компонентов, ситуационных исследований и т.д.

Вторая сложность связана с тем, что междисциплинарность должна быть выражена в содержании образования. В методологические разделы дисциплин, изучаемых будущими профессионалами, с необходимостью должны быть включены знания о структуре и принципах организации междисциплинарных исследований и коммуникации, необходимые в условиях интенсивной дифференциации и интеграции современного научного знания. При этом формирование междисциплинарных знаний и навыков будущих профессионалов должно быть обеспечено соответствующим комплексом когнитивных и педагогических условий, включающих, прежде всего, творческие междисциплинарные проекты.

Практика показала, что одним из эффективных способов формирования междисциплинарного мышления являются междисциплинарные научные конференции. В частности, в МГТУ МИРЭА с 2006 г. проводятся Всероссийские междисциплинарные конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Искусственный интеллект: философия, методология, инновации»[1], целью которых является организация междисциплинарных дискуссий по ак-

[1] Конференции проводятся при финансовой поддержке Российского гуманитарного научного фонда (РГНФ).

туальным философским, методологическим и теоретическим проблемам искусственного интеллекта [6]. Конференция является пространством научного диалога специалистов-«смежников» в данной области научных исследований. Молодые ученые обучаются навыкам исследования в качественном отношении сообщества, участвующего в постановке, обсуждении и решении тех или иных междисциплинарных проблем, умению выявлять сложившиеся междисциплинарные практики обсуждения различных проблем, а также артикулируемые и неартикулируемые позиции в дискурсе, зависящие от самых различных факторов (например, образование, принадлежность к той или иной научной школе, особенности стиля профессионального мышления), влияние которых не всегда осознается исследователем.

Реализация творческих междисциплинарных проектов должна сопровождаться рефлексивностью, т.е. оценкой всеми участниками проекта хода и результатов формирования профессиональной компетенции, с использованием соответствующего оценочного инструментария: междисциплинарные тесты и т.п.. И, в целом, данный проект и знание должны восприниматься субъектом как междисциплинарные, т.е. необходимо формирование соответствующей рефлексии, ведь междисциплинарность конструируется познающим субъектом.

В заключение необходимо отметить, что в настоящее время междисциплинарное мышление начинает восприниматься научным сообществом уже не как дополнение к профессиональному стилю мышления, а как собственно, профессионализм.

Библиографический список

1. К обществам знания: Всемирный доклад ЮНЕСКО. Париж: Изд-во ЮНЕСКО, 2005. 239 с.

2. Лекторский В.А., Кудж С.А., Никитина Е.А. Эпистемология, наука, жизненный мир человека // Вестник МГТУ МИРЭА. – 2014 г. – № 2(3). – с. 1-12.

3. Никитина Е.А. Междисциплинарные знания и формирование универсальных компетенций профессиональных кадров для наукоемких отраслей // Вестник МГТУ МИРЭА. 2013. №1 (1), с.186-191.

4. Никитина Е.А. Философия науки. Учебное пособие для аспирантов. Изд-е 3. М.: МИРЭА, 2009.

5. Полани М. Личностное знание. На пути к посткритической философии. М.: Прогресс, 1985.

6. Искусственный интеллект: философия, методология, инновации. Сборник трудов VIII Всероссийской конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Москва, МГТУ МИРЭА, 20-22 ноября 2014 г. // Под общ. Ред. Е.А.Никитиной. В 2-х частях. – М.: Радио и связь, 2014. Часть 1 – 212 с. Часть 2 – 184 с.

УДК: 378.046.4

ИНТЕРНЕТ КАК СОВРЕМЕННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СРЕДА ПОДГОТОВКИ КАДРОВ ДЛЯ НАУКОЕМКИХ ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Парамонов Е.А., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Интернет как глобальная информационно-коммуникативная система все активнее входит в нашу жизнь, оказывая заметное влияние на экономическую, социально-политическую, культурную, образовательную сферы жизнедеятельности общества и человека. Миллионы пользователей каждодневно пользуются услугами этой огромной виртуальной сети. В настоящее время Интернет объединяет сотни миллионов серверов, на которых размещены миллиарды различных сайтов и отдельных файлов, содержащих различного рода информацию. Это гигантское хранилище информации, которым нужно уметь пользоваться.

Неотъемлемой частью Интернета стали обучающие порталы – огромные и сложные механизмы, представляющие собой не только инструмент для получения информации и знаний, но и особое коммуникативное пространство, в котором можно приобрести новые знакомства в профессиональной сфере. Так, например, Coursera (coursera.org) – это образовательная платформа, предлагающая бесплатные обучающие онлайн-курсы, разработанные ведущими образовательными учреждениями мира. Разнообразные образовательные программы дистанционного обучения предлагает Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ» (intuit.ru). «Универсариум» (http://universarium.org/#/) – отечественный портал, который предоставляет возможность получения качественного образования от лучших российских преподавателей и ведущих университетов для миллионов российских граждан.

Большинство пользователей этих порталов, как правило, не задумываются над тем, как функционируют эти порталы, каковы принципы их работы. Для того, чтобы пользователь мог максимально эффективно посвящать себя получению необходимого знания для дальнейшей успешной работы следует получить список компетенций. Данный список можно составить как с помощью автоматизированных алгоритмов, так и с помощью специальных профессиональных справочников. Однако при составлении таких справочников многие специалисты по управлению персоналом допускают смешение таких понятий, как «компетенция» и «компетентность». Согласно ГОСТ Р 55351-2012 [1], *компетентность* – это достижение определенного уровня результатов работы; *компетенция,* в свою очередь,

рассматривается как способность, отражающая необходимые стандарты поведения, ведущие к результативности в работе. В качестве базового достаточно часто используется еще одно определение: *компетенции* – это личностные качества и способности, а также профессиональные навыки, необходимые сотруднику для успешного выполнения своих должностных обязанностей.

Конкретизация компетенций осуществляется в профессиональных стандартах, в частности в профессиональных стандартах в области информационных технологий (ИТ). Разработку новых профессиональных стандартов в области ИТ в рамках федеральной программы (Указ Президента РФ №597 от 7 мая 2012 г.) осуществляет Ассоциации предприятий компьютерных и информационных технологий (АП КИТ) [2]. Один из них – профессиональный стандарт «Специалист по информационным системам» (ПС СПИС, 5.141118. Утвержден Приказом Минтруда России №896н от 18.11.2014). В этом стандарте наряду с общими характеристиками профессиональной деятельности четко выделены обобщённые трудовые функции специалиста по информационным системам. Например, для специалиста по информационным ресурсам список обобщенных трудовых функций содержит следующие пункты:

1. Техническая обработка информационных ресурсов и размещение на сайте.
2. Создание и редактирование информационных ресурсов.
3. Управление информационными ресурсами.

В то же время для некоторых новых профессий еще не разработаны профессиональные стандарты. В таком случае выполняется анализ трудовых функций специалистов, работающих в той или иной сфере производства, и на его основе разрабатывается профессиональный стандарт.

При составлении списка трудовых функций для новой научной области предлагается использовать семантический подход к анализу данных на сайтах поиска работы (СПР) [3], т.к. именно на таких Интернет-ресурсах можно получить первое представление о том, какими личностными и профессиональными характеристиками должен обладать специалист.

Рассмотрим обобщённый алгоритм построения списка трудовых функций для профессии, используя СПР:

1. Получим список всех анкет данной профессии на СПР: a) путем переформулирования названия исходной профессии; b) просматривая все вакансии, которые есть на СПР по данной профессии.

2. Преобразуем каждую вакансию в следующую структуру: требования – обязанности – условия.

3. Считаем частотность слов и отдельных предложений и сортируем их соответствующим образом. Наиболее частотные предложения и слова

будут являться ключевой характеристикой профессии.

После применения данного алгоритма специалист может приступить к поиску учебных материалов по полученным характеристикам профессии на специальных обучающих порталах.

Чаще всего обучение происходит по следующему принципу:

1. Регистрация на обучающем портале.
2. Выбор заинтересовавших курсов.
3. Изучение представленных материалов, которые чаще всего включают в себя: a) текстовые материалы; b) графические изображения; c) аудиоматериалы; d) видеофильмы; e) выполнение домашних заданий.
4. Сдача отчетных/курсовых работ (например, если после окончания курса выдают сертификат).

Приведем пример. Специалисту в области информационных технологий требуется повышение профессиональной квалификации. Для начала ему необходимо получить список трудовых функций, которые востребованы в его трудовой сфере (специалист по анализу большого объема данных). После получения списка трудовых функций специалист может попробовать получить новые знания, например, на сайте: coursera.org .

В заключении отметим, Интернет является неотъемлемой частью процесса современного образования. Использование Интернета как обучающей среды имеет следующие преимущества. Во-первых, процесс обучения может происходить как в индивидуальном порядке, так и вместе с преподавателем. Во-вторых, обучаемый способен организовать эффективное расписание занятий, т.к. не зависит от времени и места обучения. В третьих, ежедневно в Интернете появляется новая профессиональная информация, что, безусловно, положительно влияет на качество современного образования.

Библиографический список

1. ГОСТ Р 55351-2012. Форматы описания и нормирования требований. Система информации о показателях и требованиях к компетентности экспертов и экспертных организаций // [Электронный ресурс]. URL: http://www.internet-law.ru/gosts/gost/55076/

2. Профессиональные стандарты в области ИТ // [Электронный ресурс]. URL: http://www.apkit.ru/committees/education/meetings/standarts.php

3. Парамонов Е.А. Семантический подход в системах поиска неструктурированной информации // Труды всероссийской научной конференции «Инновационные стратегии развития науки, техники и общества. Социальная инноватика – 2014». – М.: ВНИИгеосистем, 2014. – С. 106-109.

4. Матронина Л.Ф. Качество образования как императив современности // Философия образования. – 2014. – № 1. – С.11-18.

УДК 331

ПРОБЛЕМА ПЕРВОГО ТРУДОУСТРОЙСТВА

Попова Е.С., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Сегодня, в условиях внешнеполитического прессинга и ухудшения экономической ситуации в России, когда множество в недавнем прошлом процветающих предприятий оказались на грани банкротства, когда за последние полгода произошло сокращение количества рабочих мест и ужесточилась конкуренция на рынке труда, когда резко выросло значение показателя безработицы, особенно острой представляется проблема первой занятости выпускников вузов.

Устройство молодых кадров с дипломом о высшем образовании и определенным запасом теоретических навыков зачастую означает для работодателя дополнительные затраты на подготовку, освоение рабочих навыков, «переучивание» и адаптацию к трудовому процессу, коллективу и корпоративным ценностям. Во многом это определяет отказ работодателя принимать на работу в организацию выпускников вузов. Однако истинные причины масштабной безработицы молодых специалистов лежат глубже [1].

Сегодня актуальность разработки и внедрения мер по решению проблемы занятости молодых специалистов становится все более осознанной. Для уравнивания качественных параметров спроса и предложения трудовых ресурсов многие вузы внедряют в свою организационную структуру службу трудоустройства выпускников. Данная служба призвана обеспечить посредническую помощь между работодателем и будущими соискателями – молодыми специалистами. Для этого налаживаются контакты с различными предприятиями, создаются базы данных студентов, проводятся ярмарки вакансий, реализуются мероприятия по стажировке студентов на предприятия на период производственной или преддипломной практики.

Отдельные мероприятия, призванные смягчить накопленные проблемы на рынке труда молодых специалистов, осуществляются органами государственной власти. Так, в г. Москве действует «План первоочередных мероприятий по трудоустройству выпускников вузов». Департамент труда и занятости населения г. Москвы регулярно проводит ярмарки вакансий для молодежи и студентов. Ведется адресная работа с вузами, нацеленная на содействие в процессе трудоустройства выпускников. На сегодняшний день на всех столичных предприятиях установлена квота для выпускников – 2%[2]. Те компании, которые не выделяют ее, платят штраф в городской

бюджет, а деньги, в свою очередь, идут на создание новых рабочих мест для молодежи.

Проводятся мероприятия по популяризации рабочих и инженерных профессий с целью привлечения и закрепления специалистов на предприятиях. Вопросы повышения престижа рабочих специальностей, подготовки инженерно-технических кадров находятся в центре внимания руководства Субъектов РФ, а также предприятий и предпринимательских объединений. В СМИ осуществляется пропаганда рабочих и инженерных специальностей, опыта внедрения на промышленных предприятиях инновационных технологий.

Все это указывает на то, что сегодня актуализируются меры по вопросу занятости молодежи – выпускников высших учебных заведений, при этом целью регулирования занятости молодых специалистов становится достижение необходимого баланса между общественными интересами, которые могли бы обеспечить квалифицированные кадры, и потребностями будущих работников в самореализации, в выборе интересной и отвечающей личностным мотивам и внутреннему потенциалу профессии[1].

Достижение этого баланса позволит выровнять и облегчить процесс персонального развития каждого индивида с самого начала его профессионального пути. Бесспорно, возможность профессионального, карьерного и, наконец, персонального развития индивида, определяется не только его собственным внутренним потенциалом и готовностью двигаться вперед, но и теми возможностями, которые ему предоставит компания-работодатель. Именно эти возможности высоко оцениваются работниками и оказывают большое влияние на принятие ими решения о работе в той или иной организации, а капиталовложения в профессиональное развитие способствуют созданию благоприятного климата, повышают мотивацию сотрудников и их преданность организации. Выигрывает от профессионального и персонального развития персонала и общество в целом, получая более квалифицированную рабочую силу и более высокую производительность труда без дополнительных затрат.

Библиографический список

1. Шацкая И.В. Проблема занятости выпускников вузов: тенденции на рынке труда // Социально-трудовая сфера России: проблемы и перспективы развития: Сб. трудов / Под ред. И.В. Соболевой. – М.: ИЭ РАН, 2011.

2. Нетеребский О. Каждому по рабочему месту / Работа.ру. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.rabota.ru/soiskateljam/career/kazhdomu_po_rabochemu_mestu.html

УДК 378.14

ДИСТАНЦИОННОЕ ОБУЧЕНИЕ: ТЕНДЕНЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Тихонова С.В., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Информационное общество – новая ступень общественного развития, где информационные технологии изменяют характер организации труда. Современные информационные и телекоммуникационные технологии (ИТТ) создают возможности для передачи, хранения и обработки информации. Бесспорно, они оказывают воздействие на экономику, на социальную структуру общества, на социальные институты, в том числе – на институт образования. Переориентация системы образования с учетом требований информационного общества заключается в необходимости внедрения системы дистанционного образования.

Процесс становления и развития дистанционного обучения в России пришелся на 90-е гг. XX столетия. 31 мая 1995 г. была утверждена "Концепции создания и развития единой системы дистанционного образования (ЕСДО) в России". В документе была дана общая характеристика дистанционного образования, отражены цели и задачи создания единой СДО и приоритеты ее развития на ближайший период, а также выделены основные принципы организации и управления единой СДО, финансирование Федеральной программы, ее социальная, экономическая и геополитическая целесообразность и основные этапы создания и развития единой СДО [1].

Разработка "Концепции создания и развития единой системы дистанционного образования (ЕСДО) в России" обусловлена возросшим спросом на образовательные услуги и высокой социальной значимостью дистанционного образования. Реальное создание и функционирование ЕСДО стало возможно благодаря наличию в России необходимого кадрового, педагогического, научно-технического и научно-методического потенциала. Кроме того накоплен большой опыт и имеется достаточный задел инновационных технологий дистанционного образования (ДО).

Дистанционное образование – это качественно новый, прогрессивный вид обучения, возникший в последней трети XX века, благодаря новым технологическим возможностям, появившимся в результате информационной революции и на основе идеи Открытого образования.

В основу этого вида обучения положена самостоятельная интерактивная работа студента со специально разработанными учебными материалами. Ключевую роль играет также тьютор (преподаватель-консультант),

который прикрепляется к группе студентов. Другие компоненты и методические приемы ориентированы на то, чтобы сделать обучение максимально удобным и эффективным [2].

Дистанционное обучение (ДО) – обучение, при котором все или большая часть учебных процедур осуществляется с использованием современных информационных и телекоммуникационных технологий при территориальной разобщенности преподавателя и студентов [3].

Таким образом, дистанционное обучение от традиционных форм обучения отличают такие характерные черты, как гибкость, модульность, параллельность, охват, экономичность, технологичность, социальное равноправие, интернациональность и, наконец, новая роль преподавателя. ДО расширяет и обновляет роль преподавателя, задача которого координировать познавательный процесс, постоянно усовершенствовать преподаваемые им курсы, повышать творческую активность в соответствии с инновациями [1].

Данный подход наиболее точно отражает специфику, своеобразие дистанционного обучения. Именно использование современных технологий взаимодействия между слушателями, преподавателями и другими участниками учебного процесса, а также технологий доступа к учебному контенту и отличает ДО от других форм обучения.

Говоря о перспективе развития дистанционного обучения, следует обратить внимание на то, что ДО посредством новых информационных технологий позволяет решить ряд важных проблем, с которыми сталкивается современное высшее образование. Прежде всего – это снижение стоимости обучения; права выбора собственных темпов обучения и разнообразие средств и способов обучения. Большое значение придается отсутствию территориальных ограничений для обучения; возможности получения дополнительных знаний в новых информационных технологиях. Особое внимание уделяется доступу к престижным университетам, образовательным программам и курсам, а также изучению дисциплин, не доступных в ближайших учебных заведениях.

Как показывает практика, в настоящее время дистанционное обучение приобретает все большую популярность во всем мире. В США, Канаде, Германии, Испании, Великобритании, Израиле и других странах действуют сегодня десятки учебных центров. Известнейшие вузы мира, такие как New York University, Harvard University, Cambridge University и др., уже много лет используют дистанционные технологии. Ведущие учебные заведения предлагают свои услуги вне зависимости от местонахождения и гражданства будущих студентов.

Сегодня и российские абитуриенты могут свободно выбирать между обучением по программам западных университетов или обучением по ме-

тодикам отечественных учебных заведений. Безусловно, подобная конкуренция способствует постепенному повышению качества дистанционных программ российских вузов.

Правда, далеко не все отечественные вузы могут активно развивать дистанционные формы обучения. Причина – недостаточные технические ресурсы и нехватка профессорско-преподавательских кадров, имеющих возможность создавать авторские учебные курсы.

Впрочем, в нашей стране существует уже достаточно центров дистанционного обучения. Большинство из них являются подразделениями известнейших российских вузов, таких как Международная академия бизнеса (www.iba.ru); Институт дистанционного образования Томского государственного университета (www.ido.tsu.ru); Институт дистанционного образования Российского университета дружбы народов (www.ido.edu.ru); Московский энергетический институт (технический университет) (www.do.miee.ru); Академия народного хозяйства при Правительстве Российской Федерации – FAST-Центр (www.fast.ane.ru); Всероссийский заочный финансово-экономический институт (www.vzfei.ru); Московский государственный университет экономики, статистики и информатики (МЭСИ) (www.mesi.ru); Центр дистанционного обучения Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана (www.cdl.bmstu.ru) и др. [3]. Услуги этих образовательных структур особенно популярны среди абитуриентов, живущих в тех региональных центрах, где в силу экономических причин не могут размещаться вузы или их филиалы.

Одним из признанных в России и в мире, современным образовательным и научно-исследовательским центром является «Московский государственный технический университет радиотехники, электроники и автоматики» (МГТУ МИРЭА) – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования. МИРЭА сочетает в своей работе классические университетские традиции и современные образовательные технологии.

Сегодня в МГТУ МИРЭА активно используют в учебном процессе интернет-технологии.

Успешно осуществляет свою деятельность Центр дистанционного обучения Московского государственного технического института радиотехники, электроники и автоматики (ЦДО МИРЭА – http://www.dlc.mirea.ru/). Уникальная система дистанционного обучения Центра позволяет студентам получать знания и повышать свою квалификацию дистанционно (посещение ВУЗа сводится к минимуму). Диплом государственного образца ведущего ВУЗа столицы подтверждает знания в глазах работодателя. В условиях быстроразвивающихся IT-технологий,

ЦДО дает возможность получить высшее образование по самому востребованному и популярному на сегодня направлению: 230100 «Информатика вычислительной техники» профиль «Программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем» (степень бакалавр). Продолжительность обучения 4,5 года. В работе Центра используется СДО Прометей.

Преимущества дистанционного образования в МИРЭА очевидны. Прежде всего – возможность получить высшее образование без отрыва от своей профессиональной деятельности, самостоятельно определять время, место и скорость своего обучения. Далее, экономия на оплате за обучение за счет исключения затрат на доставку образовательного материала и транспортных расходов. Дистанционное образование поднимает качество образовательного процесса за счет расширения IT-навыков в использовании электронных обучающих и тестирующих систем, учебно-методических пособий, компьютерных технологий. И, наконец, ДО даёт возможность общаться напрямую с конкретным преподавателем и задавать напрямую интересующие вопросы.

Современная система образования в России развивается очень стремительно, благодаря развитию информационных технологий. Появляются новые усовершенствованные программы для обучения и, соответственно, все больше возможностей получить качественное востребованное на профессиональном рынке, образование.

Библиографический список

1. Концепция создания и развитие системы дистанционного образования в России. – М.: Госкомвуз, 1995.

2. Приказ Минобразования РФ от 16.06.2000 № 1791 «О создании Объединенного проекта по разработке нормативно-правовых документов и отраслевых стандартов дистанционного обучения».

3. Более обширный список вузов и образовательных центров, предлагающих услуги дистанционного обучения, размещен на федеральном портале «Российское Образование»: www.edu.ru // http://www.edu.ru/index.php?c_page_num=1&page_id=196&op=doOrgs

4. Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие образования» на 2013-2020 годы от 15 апреля 2014 года № 295.

5. Тавгень И.А. Дистанционное обучение: опыт, проблемы, перспективы / 2-е изд., исправл. и доп. / Под редакцией Ю.В. Позняка. – Мн.: БГУ, 2003. – 227 с.

6. Андреев А.А., Солдаткин В.И. Дистанционное обучение: сущность, технология, организация. – М.: Издательство МЭСИ, 2010. – 196 с.

УДК: 378

ПОДГОТОВКА ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КАДРОВ В ОБЛАСТИ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ: СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ

(на примере МГТУ МИРЭА)

Фримучков А.Н., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Специальность 0980302 «Информационная безопасность телекоммуникационных систем» существенно востребована в современных наукоемких отраслях промышленности. Безусловно, это связано с переходом общества в информационную эпоху, где информация является одним из ключевых и ценнейших ресурсов наряду со знанием, где ведутся информационные войны, где секреты стран, компаний и даже личные данные постоянно находятся под угрозой.

В ряде высших учебных заведений Российской Федерации осуществляется подготовка профессиональных кадров в области информационной безопасности. Один из них – Московский государственный технический университет радиотехники, электроники и автоматики (МГТУ МИРЭА).

В 1947 году по распоряжению Совета министров СССР был образован Всесоюзный заочный энергетический институт (ВЗЭИ), который осуществлял подготовку инженеров для обороны промышленности и ряда отраслей энергетики. А в 1967 году ВЗЭИ был преобразован в Московский институт радиотехники, электроники и автоматики (МИРЭА) в «целях подготовки высококвалифицированных инженерных кадров для наукоёмких отраслей электронной и радиопромышленности, машиностроения и приборостроения, средств автоматизации и систем управления» [1, с. 11]. В 1993 году МИРЭА приобрел статус технического университета, что свидетельствует о признании как в России, так и за рубежом высокого уровня подготовки кадров для наукоемких отраслей промышленности и предполагает подготовку специалистов, которая бы учитывала традиции классического университетского образования и современные образовательные тенденции.

Подготовка современных специалистов в области информационной безопасности, осуществляемая в МГТУ МИРЭА, предполагает освоение фундаментальных, технических (специальных) и социально-гуманитарных дисциплин.

К фундаментальным дисциплинам, прежде всего, относятся физика и математика.

Освоение физики представляется важным потому, что она даёт необходимые знания для ряда других (специальных) предметов. Нужно признать, что

изучая физику на первых курсах (полупроводники, лазерное излучение, диоды, электроника…), мы, студенты, совершенно не видели смысла в этом предмете. Он казался ненужным, лишним до тех пор, пока мы не приступили к изучению более узких, специализированных предметов. Сразу же оказалось, что знания о полупроводниках и лазерах нужны в курсе «Квантовая и оптическая электроника», диоды и общие знания об электронике стали необходимы в курсе «Электроника и схемотехника», а понимание электромагнитного излучения легло в основу курса «Антенны и распространение радиоволн». Стоит заметить, что в курсах «Электроника и схемотехника» и «Антенны и распространение радиоволн» предусмотрено выполнение лабораторных работ на реальном оборудовании, что существенно помогает освоить не только теорию, но и выявить практическую направленность знаний.

Математическая подготовка студентов по специальности «Информационная безопасность телекоммуникационных систем» предусматривает изучение таких базовых дисциплин как «Математический анализ», «Линейная алгебра», «Дискретная математика» и ряд других. Так, предмет «Математический анализ», несмотря на всю его сложность и теоретичность, необходим при изучении радиоволн (разложение в ряд Фурье) и углублении в вопросы передачи сигнала. Без «Математической статистики» невозможно описывать шумы, анализировать сигналы, приходящие на приёмник и учитывать влияние помех. «Дискретная математика» и «Теория автоматов» пригодились в другом направлении: углубившись в специальность появилась необходимость создавать схемы на логических элементах, рассчитывать оптимальное количество этих элементов и правильно их компоновать, без этих двух курсов выполнять поставленные задачи практически невозможно.

Не имеет смысла отрицать, что информационная безопасность – преимущественно техническое направление подготовки высокопрофессиональных кадров в области информационной безопасности, поэтому изучение специальных технических дисциплин здесь играет существенную роль.

Технические науки – один из видов научного знания наряду с естественными, математическими и социально-гуманитарными науками. Их основная особенность заключается в том, что они исследуют закономерности функционирования и развития техники, технологии и технической реальности, поэтому тесно связаны с технической и инженерной практикой: проектированием, конструированием и внедрением технических систем [2, с. 74-77].

Изучение специальных технических дисциплин в вузе направлено на формирование знаний и навыков, необходимые для достижения «порога вхождения» в профессию: «Программирование», «Теория информации и кодирования», «Теория электрической связи», «Электроника и схемотехника», «Аппаратные средства телекоммуникационных сетей», «Моделирование сетей и систем», «Информационная безопасность телекоммуникаци-

онных сетей» и т.д. В процессе освоения этих дисциплин мы получаем не только знания о том, что представляют собой те или иные технически устройства и системы, как и каким образом они могут быть применимы к защите информации, но и приходим к осознанию того, что в условиях перехода к информационному обществу информация является одним из наиболее ценных ресурсов любой компании, поэтому обеспечение ее защиты является одной из важнейших и приоритетных задач.

Защита информации представляет собой принятие правовых, организационных и технических мер, направленных на: обеспечение защиты информации от неправомерного доступа, уничтожения, модифицирования, блокирования, копирования, предоставления, распространения, а также от иных неправомерных действий в отношении такой информации; соблюдение конфиденциальности информации ограниченного доступа; реализацию права на доступ к информации Для обеспечения целостности и безопасности информации необходимо защитить её как от случайного уничтожения, так и от доступа к ней третьих лиц. Под целостностью информации следует понимать как невозможность ее злонамеренного уничтожения, так и модификации [3].

В процессе изучения дисциплины «Основы информационной безопасности телекоммуникационных систем» было выявлено, что существует множество путей утечки информации и несанкционированного доступа к ней в системах и сетях: 1) перехват информации; 2) модификация информации (исходное сообщение или документ изменяется или подменяется другим и отсылается адресату); 3) подмена авторства информации (кто-то может послать данные от вашего имени); 4) использование недостатков операционных систем и прикладных программных средств; 5) копирование носителей информации и файлов с преодолением мер защиты; 6) незаконное подключение к аппаратуре и линиям связи; 7) маскировка под зарегистрированного пользователя и присвоение его полномочий; 8) введение новых пользователей. В связи с этим для обеспечения безопасности информационных систем применяют системы защиты информации, которые представляют собой комплекс организационно-технологических мер, программно-технических средств и правовых норм, направленных на противодействие источникам угроз безопасности информации. При комплексном подходе методы противодействия угрозам интегрируются, создавая архитектуру безопасности систем. Необходимо отметить, что любая системы защиты информации не является полностью безопасной. Всегда приходиться выбирать между уровнем защиты и эффективностью работы информационных систем. Изучая специальные технических дисциплин, мы приобретаем новые необходимые знания. Например, знания о том, какие существуют средства защиты информации. Их можно разделить на три группы: 1) технические средства – различные по типу устройства, которые аппаратными средствами решают задачи защиты информации; 2) программные средства

включают программы для идентификации пользователей, контроля доступа, шифрования информации; 3) организационные средства: контрольно-пропускной пункт при входе на предприятие, мониторы не стоят около окон, сотрудникам не разрешается пользоваться USB-носителями.

В МГТУ МИРЭА подготовка в техническом направлении осуществляется на достаточно высоком уровне: лаборатории со всем необходимым оборудованием, квалифицированные преподаватели, которые обладают высокой квалификацией и, несмотря на солидный возраст, имеют отличное представление о передовых технологиях, технические конференции. Я считаю, что это – очень хороший старт в становлении специалиста.

Важной составляющей подготовки профессиональных кадров в области информационной безопасности являются социально-гуманитарные дисциплины. На первый взгляд, кажется, что эти предметы не нужны и существуют только из-за норм и стандартов. Однако это не так: они не менее важны, чем фундаментальные и технические знания. Так, в сфере информационной безопасности требуется знание законодательства, возможно, только одной небольшой части, Но правоведение в целом помогает привыкнуть к пониманию Закона, к пониманию профессиональной и гражданской ответственности человека в какой бы сфере деятельности он не трудился. Современный человек (а тем более профессионал) должен владеть иностранными языками: работа в транснациональных корпорациях, международных компаниях предусматривает умение вступать в коммуникативное взаимодействие для решения проблем. Уметь ориентироваться в динамичном мире, понимать происходящие социально-политические процессы, вырабатывать критическое мышление помогает освоение философии, социологии, политологии [4]. Одна из важнейших задач изучения данных дисциплин – формирование целостного представления о гуманитарных проблемах обеспечения информационной безопасности [2, с. 116-117].

Таким образом, в условиях современного динамично развивающегося мира возрастает необходимость в высококвалифицированных кадрах для наукоемких отраслей промышленности, в том числе в области информационной безопасности. Отвечая на социальные потребности, МГТУ МИРЭА осуществляет комплексную подготовку таких специалистов.

Библиографический список

1. Страницы истории МИРЭА. Фотодокументы (по материалам музея истории МИМРЭА) / Под науч. ред. Морозова А.И. – М.: МИРЭА, 2007. – 50 с.

2. Скородумова О.Б., Матронина Л.Ф., Ручкина Г.Ф. Философские проблемы техники и информатики: учеб. пособие. – М.: ООО «ЦИ-УМиНЛ», 2014. – 172 с.

3. Федеральный закон Российской Федерации «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» От 27 июля 2006 г. № 149-ФЗ. Статья 16 // [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://www.rg.ru/2006/07/29/informacia-dok.html

4. Смирнов В.В. Вопросы гуманитарной подготовки инженерных кадров в техническом университете // Сб. науч. тр. 1-ой Межд. научно-практич. конференции «Актуальные проблемы и перспективы развития радиотехнических и инфокоммуникационных систем»: В 2 ч. Ч. 2. – М., 2013. – С. 229-232.

УДК 378.046.4

ВИРТУАЛЬНОЕ ОБУЧЕНИЕ ПРИ ПОВЫШЕНИИ КВАЛИФИКАЦИИ

Цветков В.Я., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Виртуальное обучение имеет преимущество при решении комплексных и производственных задач. Виртуальное обучение имеет преимущество при подготовки специалистов. Виртуальное обучение обеспечивает сокращение времени в обучения на 2-3 порядка.

Принципами виртуального обучения являются: применение информационных единиц, применение визуальных (виртуальных) моделей, учет когнитивных факторов, учет фактора антропоэнтропии, применение модели информационной ситуации, применение многоуровневого обучения, применение многоуровневого тестирования, применение ключевых показателей эффективности для оценки результатов обучения.

Любой язык имеет элементы, этими элементами языка информатики являются информационные единицы. Язык визуального моделирования, операторы информационного взаимодействия – также используют информационные единицы.

Виртуальное обучение основано на использовании моделей информационной ситуации. Информационная ситуация – это целенаправленное формализованное отображение существующей ситуации, в которой находится объект исследования, с помощью системы взаимосвязанных, идентифицируемых, информативно определяемых параметров. Информационная ситуация при виртуальном образовании оценивается относительно цели обучения или совокупности взаимосвязанных целей в аспекте информационного взаимодействия учащегося с системой обучения.

В аспекте отношения «субъект-среда» информационную ситуацию

разделяют на внутреннюю и внешнюю [1]. Модель внутренней информационной ситуации описывает пространство состояний обучаемого и возможности его действий применительно к тем информационным ресурсам, которыми он располагает. Модель внешней информационной ситуации описывает пространство состояний внешней среды системы безотносительно состоянию обучаемого. Внешняя информационная ситуация помогает определить информационную позицию обучаемого в виртуальной среде. Описание информационной ситуации включает информационные характеристики, относящиеся к внутренней (*внут*) и внешней (*внеш*) ситуациям:

– описание целей и задач, решаемых специалистом в практической деятельности (*внеш*);

– описание текущих информационных потребностей обучаемого (*внут*);

– описание информационных ресурсов обучаемого (*внут*);

– описание текущих компетенций обучаемого (*внут*);

– описание информационной позиции применительно к целям обучения (*внеш*);

– описание информационного соответствия между виртуальной моделью обучения и реальной моделью практических действий специалиста (*внеш*);

– описание сценариев информационного взаимодействия [2] и сотрудничества в виртуальной среде (*внеш*);

– описание характера семантических разрывов между виртуальной средой и реальностью.

Для виртуального обучения важны когнитивные свойства информационных моделей: обозримость, воспринимаемость, ситуационная определенность и др. [3]. *Обозримость* – свойство моделей, состоящее в том, что человек (*в рамках своего человеческого интеллекта*) в состоянии обозреть совокупность параметров и связей, входящих в модель как единое целое.

Воспринимаемость – свойство моделей, состоящее в том, что человек (*в рамках своего человеческого интеллекта*) в состоянии воспринять и понять данную модель как отражение объективной реальности или ее практическое назначение [3]. Если модель необозрима или не воспринимаема**,** она, как правило, отвергается и не применяется для создания виртуальной среды**.**

Функциональность виртуальной модели – свойство моделей, состоящее в том, что данная модель может выполнять ряд (образовательных) функций, которые человек в состоянии определить и задать. *Целевая определенность* состоит в том, что виртуальная модель направлена для достижения образовательных целей. *Ситуационная определенность* состоит в том, что информационная модель однозначно определяет реальную ситуацию, в которой предстоит действовать субъекту.

Обозримость и воспринимаемость информационных и виртуальных

моделей много выше, чем обозримость и воспринимаемость реальной ситуации. Это обусловлено тем, что человек может изменить масштаб модели и сделать обозримой большую территорию, на которой в реальных условиях он видит только маленький фрагмент.

Внешняя информационная ситуация фиксируется в системе образовательных сценариев с помощью специального языка виртуального моделирования. Элементами такого языка могут быть оппозиционные (дихотомические) переменные [4]. При виртуальном обучении они могут иметь не только форму слов («да» – «нет»; «можно» – «нельзя»), но и форму альтернативных пиктограмм и даже форму альтернативных визуальных моделей.

При построении внешней информационной ситуации и сценариев обучения и визуальных моделей необходимо применять коррелятивный анализ. Упрощенно коррелятивный анализ направлен на поиск и, если необходимо, на исключение зависимостей между факторами виртуальной среды обучения. Поэтому он выполняет две функции: обнаружения зависимостей и проверку исключения ненужной взаимозависимости между факторами сценария обучения.

Повышение квалификации рассчитано на специалистов, имеющих базовое образование и специальные знания, поэтому в качестве основы построения обучающих сценариев целесообразно применять игровой метод обучения. Принципиальным отличием игрового метода является то, что он направлен не столько на получение базовых знаний, сколько на развитие способностей обучаемых и получение новых профессиональных знаний.

Основой интерактивного виртуального обучения служили виртуальные сценарии. Они делились на базовые и прикладные сценарии. Базовые сценарии заключались в выработке навыков работы безотносительно к решаемым задачам. Процессы таких виртуальных действий на 2-3 порядка быстрее реальных действий. Это создает синергетический эффект – существенно сокращает время обучения.

Прикладные сценарии реализуют имитацию проведения практических работ в реальных условиях. Этот уровень обучения включает сценарии решения практических задач. Фактически проводится ь игровое обучение в виртуальном 3D – пространстве. Основное назначение виртуальных сценариев второго уровня – дать возможность выполнять практические работы и проводить тестирование результатов обучения с помощью программного обеспечения, моделирующего: работу в сложной ситуации.

Доминантой обучения этого уровня является проверка умения решать новые задачи в первую очередь и лишь во вторую умение работать с приемниками. Соответственно, такое виртуальное обучение направлено на выработку креативных действий учащегося, тестирование результатов осуществляет специалист высокой квалификации.

Библиографический список

1. Tsvetkov V. Ya. Information Situation and Information Position as a Management Tool // European Researcher. – 2012. – Vol.(36). – № 12-1. – p. 2166-2170.

2. Кулагин В.П., Цветков В.Я. Особенности многоуровневого тестирования // Дистанционное и виртуальное обучение. – 2013. – №4. –с. 5-12.

3. Tsvetkov V.Ya. Cognitive information models // Life Science Journal. – 2014. – 11(4). – pp. 468-471.

4. Tsvetkov V. Ya. Opposition Variables as a Tool of Qualitative Analysis // World Applied Sciences Journal. – 2014. – 30 (11). – p. 1703-1706.

УДК: 378

СПЕЦИАЛИСТ ПО ЗАЩИТЕ ИНФОРМАЦИИ – ПРОФЕССИЯ XXI ВЕКА

Черногоров Д.С., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

«Информация – это не материя и не энергия,
информация – это информация».
Н. Винер

Стремительное развитие информационно-коммуникативных технологий последней трети XX – начала XXI веков оказало значительное влияние на информатизацию общества. Существенной трансформации повергаются все стороны жизни человека и общества: экономическая, социально-политическая, научно-технологическая, культурная. Новое информационное окружение человека увеличивает его возможности в преобразовании мира, но в то же время делает его все более зависимым от тех достижений и благ, которые созданы им самим [1]. Информационное общество – общество, в котором большинство работающих занято производством, хранением, переработкой и реализацией информации и знания. Это связано с тем, что информация и знание превращаются в стратегические ресурсы развития общества. В связи с этим актуализируется проблема защиты информации, обеспечения информационной безопасности.

Что же следует понимать под информационной безопасностью? В Федеральном Законе «Об участии в международном информационном обмене» (1996) информационная безопасность определяется как «состояние защищенности информационной среды общества, обеспечивающее ее формиро-

вание, использование и развитие в интересах граждан, организаций, государства» [2]. В 2000 году Президентом России В.В. Путиным была утверждена «Доктрина информационной безопасности Российской Федерации» (2000), в которой указывается, что информационная безопасность характеризует «состояние защищенности национальных интересов в информационной сфере, определяющихся совокупностью сбалансированных интересов личности, общества и государства» [3]. В Доктрине четко прописаны виды и источники угроз информационной безопасности Российской Федерации, выделены методы обеспечения информационной безопасности нашей страны, основные положения государственной политики в этой области, функции системы обеспечения информационной безопасности РФ и т.д. В целом, эти определения рассматривают информационную безопасность в национальных масштабах и поэтому имеют очень широкую трактовку.

Наряду с этим применительно к различным сферам деятельности, которые так или иначе связаны с информацией, понятие «информационная безопасность» принимает более конкретные очертания. Так, например, в «Концепции информационной безопасности сетей связи общего пользования Российской Федерации» (2002) даны следующие определения, применительно к сетям связи общего пользования: 1) свойство [способность] сетей связи общего пользования (ССОП) противостоять возможности реализации нарушителем угрозы информационной безопасности ССОП; 2) свойство [способность] ССОП сохранять неизменными характеристики информационной безопасности – конфиденциальность, целостность, доступность и подотчетность информационной сферы ССОП в условиях возможных воздействий нарушителя [4]. В данных определениях сделан акцент на необходимость защиты информации сетей связи, что в условиях глобализации мира и его информатизации приобретает особую значимость. Заметим, что к такого рода сетям относятся и телекоммуникационные системы.

На рубеже XX – XXI веков информационная безопасность становится одной из глобальных проблем человечества, которая приобретает социально-политическую и гуманитарную направленность [5]. Возрастает необходимость защиты прав личности и общества в информационной сфере. Преступления в сфере информационных технологий зачастую носят международный характер, так как преступники действуют в одном государстве, а их жертвы находятся в другом. Поэтому для борьбы с такими преступлениями особое значение имеет международное сотрудничество. На решение данных проблем направлены такие документы, как «Окинавская Хартия глобального информационного общества» (2000) «Конвенция Совета Европы о преступности в сфере компьютерной информации ETS № 185» (2001) и ряд других.

В целом, информационная безопасность направлена на выработку стратегий развития информационной среды общества в интересах индиви-

дуальных пользователей, организационных структур и государств. К основным проблемам информационной безопасности относятся следующие: предотвращение несанкционированного доступа к конфиденциальной информации; предотвращение использования персональных данных во вред конкретной личности, социальной группы, государства; предотвращение компьютерной преступности; защита авторских прав; предотвращение психических расстройств и техностресса у пользователей компьютеров; предотвращение опасности ограниченного доступа к информации и свободы ее распространения, и ряд других [6].

Учитывая все возрастающую потребность общества в разработке механизмов защиты информации, в высших учебных заведениях Российской Федерации введено направление профессиональной подготовки «Информационная безопасность» (в МГТУ МИРЭА – специальность «Информационная безопасность телекоммуникационных систем»). Профессия специалиста по защите информации востребована в современном мире и точно также будет востребована в будущем. От специалистов по защите информации требуется комплексный подход к решению поставленных задач: необходимо разбираться как в технической части (знание устройства и принципов работы приборов), так и в нормативно-правовой (знание законов в области защиты информации и области их применения). Более того, принимая во внимание тот факт, что информационные технологии проникают практически во все сферы жизнедеятельности человека, специалист в области информационной безопасности должен обладать социально-гуманитарной подготовкой, понимать смысл и назначение своей деятельности [7].

Библиографический список

1. Скородумова О.Б., Матронина Л.Ф., Ручкина Г.Ф. Философские проблемы техники и информатики: учеб. пособие. – М.: ООО «ЦИУМиНЛ», 2014. – 172 с.

2. Федеральный закон «Об участии в международном информационном обмене» от 4 июля 1996 года №85-ФЗ // [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://economy.gov.ru/minec/activity/sections/fcp/doc1118925201859

3. Доктрина информационной безопасности Российской Федерации (утверждена Президентом Российской Федерации В. Путиным 9 сентября 2000 г., № Пр-1895) // Электронный ресурс] / Режим доступа: http://www.scrf.gov.ru/documents/6/5.html

4. Концепции информационной безопасности сетей связи общего пользования Российской Федерации // [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://dailyold.sec.ru/dailypblshow.cfm?rid=9&pid=7681

5. Коваль Т.И. Современное информационно-техногенное пространство и мировоззренческие проблемы // Вестник Российского нового уни-

верситета. – 2008. – № 2. – С. 138-142.

6. Основные направления научных исследований в области обеспечения информационной безопасности Российской Федерации (утверждена Исполняющим обязанности Секретаря Совета Безопасности Российской Федерации, председателя научного совета при Совете Безопасности Российской Федерации 7 марта 2008 г.) // [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://www.scrf.gov.ru/documents/94.html

7. Смирнов В.В. Вопросы гуманитарной подготовки инженерных кадров в техническом университете // Сб. науч. тр. Первой Межд. научно-практич. конференции «Актуальные проблемы и перспективы развития радиотехнических и инфокоммуникационных систем»: В 2 ч. Ч. 2. – М., 2013. – С. 229-232.

УДК 378.046.4

РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ В СОВРЕМЕННОЙ РОССИИ

Шацкая И.В., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

В соответствии с п.2 ст. 76 ФЗ «Об образовании в РФ» [1], дополнительными профессиональными программами, на основе которых осуществляется дополнительное профессиональное образование, являются:

- программа повышения квалификации;
- программа профессиональной переподготовки.

Помимо этого, согласно п.12 ст. 76 ФЗ «Об образовании в РФ», дополнительная профессиональная образовательная программа полностью или частично может быть осуществлена в форме стажировки [1].

Целью повышения квалификации является совершенствование или получение новой компетенции, необходимой для профессиональной деятельности, а также повышение профессионального уровня в рамках имеющейся квалификации. В свою очередь, профессиональная переподготовка направлена на получение компетенции, необходимой для выполнения нового вида профессиональной деятельности, приобретение новой квалификации. Основной же целью стажировки является формирование и закрепление на практике профессиональных знаний, умений и навыков, полученных в результате теоретической подготовки. К прочим целям стажировки можно отнести изучение передового опыта, приобретение организаторских и профессиональных навыков и др.

По данным официальной статистики, в 2013 г. услугами системы дополнительного образования воспользовалось 15,8% занятого населения России, в том числе свыше 90% - по программам повышения квалификации, 8% - по программам профессиональной переподготовки и около 2% в результате стажировки [2]. При этом самыми востребованными направлениями дополнительного профессионального образования стали производство кокса и нефтепродуктов, обрабатывающие производства и машиностроение и финансовая деятельность, что доказывает нехватку квалифицированных знаний и навыков в данных областях экономики.

Система дополнительного профессионального образования как часть общей системы образования в России в настоящее время сформирована и ее возможности в целом отвечают одной из приоритетных задач нашей страны – обеспечению условий непрерывного (пожизненного) образования граждан. К слову сказать, сегодня в этом направлении властями России предпринимается и ряд дополнительных мер. Так, 07 февраля 2011 г. подписано распоряжение Правительства России №163-р «О Концепции Федеральной целевой программы развития образования на 2011 - 2015 годы». Целью Федеральной программы развития образования является обеспечение доступности качественного образования, соответствующего требованиям инновационного социально ориентированного развития Российской Федерации [3]. В рамках Программы сформированы стратегические проекты развития образования, а также модели управления образованием в условиях широкомасштабного использования информационно-телекоммуникационных технологий. Кроме того, к 2020 г. планируется создание около двадцати научно-образовательных центров мирового уровня, которые будут заниматься внедрением результатов передовых научных исследований в образовательные программы, вести инновационные проекты, и обеспечивать высококвалифицированными кадрами экономику нашей страны.

Успешная реализация данной программы, думается, позволит обеспечить развитие системы дополнительного профессионального образования, довести ее до уровня, отвечающего современным запросам российского общества, помочь стать одним из важнейших элементов экономики знаний и ключевого условия успешной модернизации. Ведь именно кадровый потенциал, наращенный в процессе профессионального обучения, по нашему глубокому убеждению, обеспечит динамичное социально-экономическое развитие России, а также глобальную долгосрочную конкурентоспособность человеческого ресурса.

Между тем, несмотря на бесспорную актуальность и амбициозность этих утверждений, развитию системы дополнительного профессионального образования сегодня препятствует целый ряд факторов.

Прежде всего, это ориентация на коммерческую выгоду и низкое ка-

чество предоставляемых образовательных услуг. Востребованность дополнительного профессионального образования спровоцировала чрезмерное распространение в географических масштабах данного вида образовательных услуг. Сегодня центры повышения квалификации действуют практически в каждой организации, занимающейся образовательной подготовкой граждан. Ориентируясь на потребительские ожидания, данные организации сокращают продолжительность образовательных программ, упрощают форму и содержание аттестации, переходят на дистанционное обучение, с тем, чтобы обеспечить потребителям услуг максимальное удобство, зачастую в ущерб качеству профессиональной подготовки.

Как свидетельствует официальная статистика, численность работников, прошедших дополнительное профессиональное обучение в объеме 72 академических часа в 2013 г. составило примерно 86% всей численности [2], что только подтверждает проблему поверхностности образовательной подготовки, поскольку 72 часов, по нашему глубокому убеждению, не достаточно ни для повышения квалификации, ни тем более для профессиональной переподготовки.

Вторая очевидная проблема системы дополнительного профессионального образования – оторванность образовательной программы от практики. Профессиональную подготовку на курсах повышения квалификации в 2013 г. прошли свыше 70% обучающихся [2]. Учитывая, что основная масса преподавателей, задействованных на подобных курсах – это профессорско-преподавательский состав организаций высшего и среднего профессионального образования, бесспорно, талантливые педагоги, но обладающие сравнительно низкими навыками непосредственно практической деятельности, можно только подчеркнуть низкую результативность такой подготовки.

Наконец, ни для кого не секрет, что спрос рождает предложение, и сегодня появляются все новые образовательные программы, востребованные рынком труда, но при этом вынуждающие профессорско-преподавательский состав образовательных организаций браться за те области образовательной подготовки, о которых, по меньшей мере, часть его имеет слабое представление, не говоря уже о полном отсутствии профессиональных знаний в передовых областях научной и технической мысли, которые должны стать движущей силой модернизации экономики России.

Таким образом, едва ли система дополнительного профессионального образования в ее нынешнем виде способна стать лейтмотивом качественных преобразований в отечественной экономике. Напротив, мы можем констатировать, что современная система отечественного образования не отвечает потребностям рынка труда ни в вопросе качества образовательных услуг, ни в части удовлетворения потребности в работниках востребованных специальностей. Потому сегодня мы наблюдаем колоссаль-

ный дисбаланс между рынками образовательных услуг и труда: в отдельных отраслях экономики до 70% молодых специалистов остаются невостребованными [4] и не работают по полученной специальности, те же, кто трудоустраивается, часто нуждаются в переподготовке за счет предприятия. Все это свидетельствует о необходимости концептуальных и институциональных преобразований в сфере отечественного образования. Отметим, что в условиях постоянного роста требований к профессиональному мастерству и квалификации на фоне быстрого устаревания знаний совершенствование системы образования требует обеспечения непрерывной адаптированности к внешним факторам, а значит ликвидация дисбаланса между рынками образовательных услуг и труда возможна только на основе интенсивного взаимодействия образовательных организаций и бизнеса, который, собственно, и является конечным потребителем образовательных услуг организаций, осуществляющих подготовку специалистов.

Библиографический список

1. Федеральный Закон «Об образовании в Российской Федерации» от 21.12.2012 г. // [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.mirea.ru/about/normative-documents/federal-law-on-education-in-the-russian-federation/
2. Проблемы развития дополнительного профессионального образования. Информационный бюллетень. – М.: НИУ ВШЭ, 2013.
3. Федеральная целевая программа развития образования на 2011-2015 гг. // [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.fcpro.ru/
4. Трунова Н.В., Антропов В.А. Перспективы развития механизмов государственно-частного партнерства в сфере высшего профессионального образования в России // ИнВестРегион. – 2012. – №1.

УДК 37.01

РОЛЬ КУЛЬТУРЫ И ДИСЦИПЛИН ГУМАНИТАРНОГО ЦИКЛА В ПРОЦЕССЕ ПОДГОТОВКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КАДРОВ ДЛЯ НАУКОЕМКИХ ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Стерликова М.С., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

В условиях современных глобальных экономических процессов радиоэлектронная и приборостроительная отрасль занимает важное место в развитии экономики России и является одним из самых передовых и науко-

емких направлений промышленности.

В ноябре 2014 года состоялось заседание Комитета торгово-промышленной палаты РФ по промышленному развитию, целью которого являлось обсуждение актуальных проблем совершенствования регуляторных, экономических и технологических механизмов промышленной политики усиления кооперации и интеграции для технологической модернизации и импортозамещения в радиоэлектронной и приборостроительной индустрии стран Евразийского союза, подготовка конкретных отраслевых предложений в руководящие органы РФ и Евразийского экономического союза. В ходе мероприятия был определен ряд проблем, без решения которых невозможно стратегическое развитие отрасли. Одной из глобальных проблем отрасли является проблема подготовки высококвалифицированных кадров, способных работать на современном технологичном оборудовании, без которых попытки решения остальных проблем бесполезны. В связи с этим, перед образовательными организациями высшего образования, осуществляющих подготовку будущих специалистов для радиоэлектронной и приборостроительной отрасли промышленности, со стороны государства поставлена очень важная задача.

В настоящее время в Российской Федерации подготовка выпускников по всем направлениям подготовки и специальностям высшего образования основывается на реализации компетентностного подхода в соответствии с действующими федеральными государственными образовательными стандартами (ФГОС ВО). Согласно словарю-справочнику современного российского профессионального образования, компетенция – это способность применять знания, умения и практический опыт для успешной трудовой деятельности [5]. Существуют и другие определения компетенции: компетенция – базовое качество индивида, влияющее на эффективность и (или) качество выполняемой им деятельности; компетенции – способности, основанные на знаниях, умениях, навыках, опыте, ценностях и склонностях человека [3].

Анализ перечисленных определений компетенции позволяет выделить наиболее часто встречающиеся элементы: знания, отношения, мотивы, качества личности, умения, способности, свойственные людям, которые постоянно демонстрируют определенный тип поведения.

ФГОС ВО по техническим направлениям подготовки содержат конкретные требования к результатам освоения образовательных программ, в соответствии с которыми у выпускника должен быть сформирован определенный набор компетенций [6].

Анализируя ФГОС ВО по всем уровням высшего образования (бакалавриат, магистратура, подготовка кадров высшей квалификации) направлений подготовки «Радиотехника» и «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», можно отметить, что основное внимание уделяется двум наборам компетенций: предметно-специализированным (ПК), которые связа-

ны со специфическим знанием предмета труда и профессиональной деятельности, и общим (ОК, УК, ОПК), которые представляют собой характеристики, являющиеся общими для всех видов профессиональной деятельности: способность владеть культурой мышления, способность к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения; способность к работе в коллективе; способность стремиться к саморазвитию; способность использования основных положений и методов социальных, гуманитарных и экономических наук при решении социальных и профессиональных задач, анализа социально-значимых проблем и процессов; способность уважительно относиться к культурным традициям; способность понимать и анализировать мировоззренческие, социально и личностно значимые философские проблемы и т.д. В современных условиях, в связи с ростом профессиональной и социальной мобильности именно общие компетенции приобретают все большее значение, так как именно они обеспечивают расширение возможностей трудоустройства.

Большинство общих компетенций едины для различных предметных областей, но некоторые из них имеют большее значение чем остальные, так как они помогают студенту лучше подготовиться к будущему трудоустройству. Примером такого рода компетенций является способность использовать на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ; готовность к активному общению с коллегами в научной, производственной и социально-общественной сферах деятельности; способность адаптироваться к изменяющимся условиям, переоценивать накопленный опыт, анализировать свои возможности и другие.

Требования к выпускнику определены и Европейской рамкой квалификаций (ЕРК), принятой в 2008 году, где для каждого уровня профессионального образования описан характер требований к выпускнику по трем позициям: 1) «знания» – теоретические или полученные опытным путем; 2) «умения/навыки» – когнитивные (требующие использования логики, интуиции и креативного мышления); 3) – «компетенция», которая описывается в терминах ответственности и самостоятельности. Здесь важно обратить внимание на последовательность перечисления результатов образования в составе ЕРК: сначала личностные качества (начиная с отношения человека к самому себе), и лишь в самом конце –собственно профессиональные [1, с.39]. Таким образом, в ЕРК подчеркивается важность сформированности у будущего специалиста таких личностных качеств, которые станут крепкой базой для успешного формирования профессиональных способностей.

И здесь, безусловно, невозможно обойтись без культуры. Но, тем не менее, на сегодняшний день не менее актуальна проблема понимания самой культуры и её важности для всех сфер общественной жизни, в том числе, для науки, образования, экономики и производства.

Важно подчеркнуть, что культура во все времена связывалась с интеллектуальной плоскостью и характеризовала целый набор качеств, которыми должен обладать человек.

Обращаясь к этимологии слова «культура», следует отметить, что оно сопровождает человечество очень давно и первоначально встречается в санскрите. Слово культура состоит из двух корней слово: «культ» –преклонение, почитание и «ур» – свет, отсюда значение – «почитание света». Свет на протяжении всей истории человечества ассоциировался с глубокими, чистыми, высокими знаниями, которые наделялись особые по качеству и способностям людям. Так как знания давались не только в процессе обычной в нашем понимании учебы, а особыми усилиями, суровой дисциплиной, выходом в информационные пласты, то это предполагало высокую степень овладения человеком засекреченными знаниями и методиками. По мнению древних, культура основывается на законах веры-надежды, любви-мудрости, воли, сочетает в себе все знания науки, искусства и религии и способствует совершенствованию человека, то есть включает в себя: человека – деятельность – преобразование. Овладение этими качествами – характерный признак носителей культуры, который наделял их способностью помогать, вести вперед, просвещать, решать жизненные проблемы, а «связывание со светом» нашло отражение в языке (Ваше Преосвященство, Светлейший, Превосходительство, Просветленный, старейшина, старшина, староста) [4].

Во времена Античности культура также связана с интеллектуальной плоскостью и развитием личностных качеств человека. Так, знаменитый римский оратор Цицерона сравнивает философию и выработку навыков философского мышления с действиями крестьянина и говорит, что «ум человеческий нужно обрабатывать так же, как крестьянин обрабатывает землю, и только тогда он даст обильный урожай» [7, с. 253].

В эпоху Возрождения культура выделяет в качестве главных компонентов две позиции: 1) вся культура создается для блага человека; 2) вся культура исходит от человека, что и определяет все развитие этого явления. Мыслители эпохи были ориентированы на индивидуальный тип творчества, используя в качестве образца титанов своей эпохи. Леонардо да Винчи, Микеланджело Буанаротти, Шекспир были не только гениями в своей сфере, но и демонстрировали энциклопедичность развития и творческих устремлений, оставив после себя крупнейшие творения в области техники, математики, естественных наук, смежных жанров искусства.

Г. Гегель продолжал рассмотрение культуры с позиций главенства разума, просвещения, образования. Он полагал, что в этих процессах человек рассматривает себя не как единичное существо, а приобщается к жизни человеческого рода. Он усваивает знания, выработанные всем предшествующим человечеством, и, таким образом, преодолевает рамки своей ограни-

ченной человеческой жизни. В философии Гегеля сам термин культура практически не употребляется, он эквивалентен термину «образование», именно в процессе образования человек растет от необразованного состояния до понимания высот человеческой мысли, в качестве которой Гегель понимал философию. «Это – та точка зрения, которая показывает, что культура представляет собой имманентный момент абсолютного и обладает своей бесконечной ценностью» [4, с. 47].

В толковании материалистов (К. Маркс, Ф. Энгельс) мир культуры – это мир, созданный человеком, мир вещей (ценностей). Деятельность, объединяющая все созданное, привносит в продукты культуры совершенно определенные, не встречаемые в природе качества. Поэтому культура – результат человеческого труда. Но не всякий труд, а именно общественный, создает предметы культуры, поэтому культура – результат общественной деятельности, «культивирование всех свойств общественного человека, производство его как человека с возможно более богатыми свойствами и связями, а потому и потребностями, – производство человека как возможно более целостного и универсального продукта общества...» [2, с. 386].

Анализируя определения культуры, можно сделать вывод, что она связана с интеллектуальной деятельностью, вмещает весь пласт накопленных человечеством знаний и в обязательном порядке включают совокупность трех компонентов: человек – деятельность – изменения, вносимые посредством деятельности в окружающее, что подчеркивает её динамичность, основанную на человеческом творчестве. Таким образом, являясь по своей сути единым стержневым потоком, в основе которого лежит творчество (деятельность), культура предоставляет условия для развития творческих способностей будущих специалистов производственной отрасли

В связи с этим, следует понимать, что в процессе реализации компетентностного подхода в техническом вузе дисциплины гуманитарного цикла занимают особое место, и это должно учитываться при разработке основных образовательных программ всех уровней высшего образования. Именно они закладывают и развивают те базовые личностные качества, без которых невозможно становление профессиональных способностей будущего специалиста, тем более, когда профессиональная сфера тесно связана с исследовательской деятельностью, и специалист должен быть достаточно развит в интеллектуальной плоскости.

Следует также добавить, что культура дает возможности для формирования будущего специалиста отрасли не только на уровне высшего образования. Через детское техническое творчество (деятельность технических кружков, студий, уроки трудового обучения в школе) она способствует выявлению и развитию детей, способных к техническим профессиям, их ранней профориентации. Поэтому, решая проблему подготовки профессио-

нальных кадров для наукоемких отраслей промышленности, необходимо осознавать и учитывать важность культуры в этом процессе, так как личность, способная творить-созидать, должна обладать рядом генетических и сформированных способностей, и возможности культуры в процессе формирования такой личности чрезвычайно велики.

Библиографический список

1. Гребнев Л. Федеральный образовательный стандарт: от Перечня направлений (специальностей) – к Классификатору образовательных программ // Высшее образование в России. – 2007. – № 3. – с. 36-49.

2. Маркс К., Энгельс Ф. Соч. Т. 46, ч. 1. – М., 1975. – с. 386.

3. Методика преподавания в высшей школе / сост. В.И. Блинов, В.Г. Виненко, И.С. Сергеев. – М., 2014. – 315 с.

4. Ромах О.В. Культурология. Теория культуры. – Тамбов, 2002.

5. Словарь-справочник современного российского профессионального образования / авт.-сост. В.И. Блинов [и др.]; ФИРО. – М., 2010. – 19 с.

6. ФГОС ВПО по направлению подготовки 210400 Радиотехника (квалификация (степень) «бакалавр»), утвержденный приказом Минобрнауки РФ от 22.12.2009 № 814; ФГОС ВПО по направлению подготовки 210700 Инфокоммуникационные технологии и системы связи (квалификация (степень) «бакалавр»), утвержденный приказом от 22.12.2009 № 785; ФГОС ВО по направлению подготовки 11.04.01 Радиотехника (уровень подготовки магистратура); ФГОС ВО по направлению подготовки 11.04.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи (уровень магистратуры), утвержденный приказом от 30.01.2014 № 1403; ФГОС ВО по направлению подготовки 11.06.01 Электроника, радиотехника и системы связи (уровень подготовки кадров высшей квалификации), утвержденный приказом от 30.07.2014 № 876.

7. Цицерон М.Т. Избранные сочинения. – М., 1975. – с. 253.

УДК: 378

ВОПРОСЫ ГЕНДЕРНЫХ РАЗЛИЧИЙ КАК СОЦИАЛЬНЫХ ТИПОВ ПОВЕДЕНИЯ В ПРОФЕССИОНАЛЬНО-ОРИЕНТИРОВАННОЙ СРЕДЕ ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Жемерикина Ю.И., Тотоонова Ф.М., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Формулируется проблема сходства и различия социального поведения полов актуальна в современной ситуации глобальной нестабильности. В статье

рассматривается состояние проблемы исследования, а именно: доминирование того или иного социального типа поведения во взаимосвязи с проблемой организации социального поведения и воспитательной среды вуза.

В основе формирования социальных стереотипов поведения большое значение имеют социальные роли, исполняемые членами общества в соответствии с разделением труда, экономической и социальной градацией в обществе. Т. Мор в своем трактате «Утопия» [8, с. 372-375] в 1516 году описал идеальное общество, где все люди независимо от пола имеют равные возможности в обучении, в получении высших должностей власти и т.д. Т. Кампанелла в своем труде «Город Солнца» отмечает, что мужчины и женщины занимаются военным делом, трусость на поле боя жестоко карается независимо от пола. Женщины и мужчины могут обучаться различным ремеслам и наукам, так как дискриминации по полу в образовании нет. Различается только труд по тяжести для мужчин и женщин. «Тяжелые ремесла и загородные работы: пахота, сев, сбор плодов, молотьба, да и сбор винограда – исполняются мужчинами. Для дойки овец и приготовления сыра обычно назначаются женщины, они выходят недалеко за черту города собирать травы и работать в садах» [3].

Вопросы сходства и различия социального поведения полов рассматривались в трудах философов эпохи Просвещения, немецкой классической философии и в современной западной философии. В русской философии различия между поведенческими особенностями рассматривались в трудах Н.А. Бердяева, С.Н. Булгакова, В.С. Соловьева и других.

Значимым научным трудом в психологии, где предприняты попытки научно обосновать различия между мужчиной и женщиной, считается книга Г. Гейманса «Психология женщины», вышедшая в 1911 году. Исследование отличается научностью изложения, анализом позиций разных авторов, здесь впервые описаны исследования, проведенные самим автором книги. Среди отечественных авторов первым начал изучать социальные проявления полов П.П. Блонский [2].

Следует отметить, что в современной литературе на сегодняшний день присутствует значительное количество разнонаправленных теоретических концепций и эмпирических исследований по данной тематике. Например, последователем новой социальной психологии пола является С. Бем, предложившая концепцию андрогинии или сбалансированного сочетания мужских и женских прототипов социального поведения. Главная идея концепции – существование в мире людей, у которых обнаруживаются только «маскулинные» (мужские) или только «феминные» (женские) качества, эти люди принадлежат определенному полу: мужскому или женскому соответственно [10, с. 37].

Традиционно, бытует мнение, что мужские качества личности, такие как независимость суждений, напористость в достижении цели, аналитичность

ума, лидерство, уверенность в себе и своих действиях формируют маскулинные паттерны поведения, женская нежность, застенчивость, преданность, женственность, сердечность, доверчивость – соответственно, феминный профиль социального поведения. Некоторые представители социальных групп демонстрируют андрогинные прототипы и паттерны поведения.

В основе нашего исследования о доминировании того или иного социального типа поведения во взаимосвязи с проблемой организации социального поведения и воспитательной среды вуза используется адаптированная методика С.Бем (BSRI) [11, p. 634-643], позволяющая выявить базовую взаимосвязь сформированного андрогинного профиля поведения социальных групп и успешностью в рамках обучения в социально-профильно-ориентированной образовательной среде технического университета.

Исследование, проводимое нами, строится на следующих конструктах социально-психологического аспекта воспитательно-организованной среды вуза:

- *гендерности*, как социальном стереотипе мужского и женского проявления в обществе, формирование которого происходит в течение всего активного жизненного периода под воздействием воспитания как культуросообразного воздействия [7, с. 476];
- *социально-культурных параметров воспитательной среды* [12, p. 8-9];
- *собственно гендере социальной группы* как социально-психологическом профиле типового поведения субъектов профессиональной среды, совокупность его психологических характеристик и особенностей социального поведения, проявляющемся в общении и взаимодействии [9, с. 17; 5, с. 228].

Библиографический список

1. Берн Ш. Гендерная психология. – СПб.: прайм -ЕВРОЗНАК, 2002. – 320 с.

2. Блонский П.П. Очерки детской сексуальности // Избранные педагогические и психологические сочинения: В 2 т. Т. 1. М., 1974. – 399 с.

3. Кампанелла. Город солнца // [Электр. ресурс] Режим доступа: http://lib.ru/INOOLD/KAMPANELLA/suntown.txt) (дата обращения 16.02.2015)

4. Кампанелла Дж.(ред) Экономика качества. Основные принципы и их применение / Пер. с англ. А. Раскина / Науч. ред. Ю.П. Адлер и С.Е. Щепетова. – М.: РИА «Стандарты и качество», 2005. – 232 с.

5. Майерс Д. Социальная психология / 6-е изд. – СПб.: Питер, 2003. – 752 с.

6. Мор Т. Утопия // [Электр. ресурс] Режим доступа: http://lib.ru/INOOLD/MOR/utopia.txt (дата обращения 16.02.2015)

7. Ожегов С.И. Словарь русского языка / под ред. чл.-корр. АН СССР Н.Ю. Шведовой. 18 изд., стереотип. – М.: Рус. Яз., 1986. – 797 с.

8. Полянский Ф. Я. Социальные утопии периода разложения феодализма // Всемирная история экономической мысли: В 6 т. / Гл. ред. В.Н. Черковец. – М.: Мысль, 1987. Т. I. От зарождения экономической мысли до первых теоретических систем политической жизни. – С. 372-375. – 606 с.

9. Чекалина А.А. Гендерная психология. Учебник для вузов. – М.: Изд-во ОсЬ-89, 2006. – 256 с.

10. Шнейдер Л.Б. Личностная, гендерная и профессиональная идентичность: теория и методы диагностики. – М.:МПСИ, 2007. – 128 с.

11. Bem S.L. Sex role adaptability: One Consequence of Psychological Androgyny // Journal of Pers. and Social Psychology. 1975. – V. 31. – P. 634-643.

12. Stoller R.J. Sex and gender. New York: Science House, 1968. – 226 p.

УДК 378.1

ГУМАНИТАРНАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ ВЫСШЕГО ТЕХНИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Павлов С.Б., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Не зависимо от частных субъективных мнений высшее техническое образование в Государственном Университете должно быть по определению универсальным. По-видимому, эта универсальность должна выражаться с одной стороны в широкой применимости специального образования, а с другой в его предметной всеохватности. Первое, как известно, обеспечивается традиционной для нашей страны образовательной фундаментальностью, освоением базовых дисциплин, общих для всех первых-третьих курсов отечественных университетов. Нет необходимости доказывать, насколько оно необходимо, и приводить примеры, насколько оно выигрышно против ограниченного узкоспециализированного образовательного подхода. Второе относится к гуманитарным дисциплинам, которые также традиционно для нашей страны всегда сопровождают техническое образование, равно как и все прочие виды высшего образования. Общий неизменный смысл его всегда сводился к необходимости культурного развития обучающихся. И не было времени, когда задача такого развития не была бы актуальной. Разве только отдельные особенности и обстоятельства времени сказывались на ней.

Трезвое отношение к делу требует чёткого осознания смысла и задач

гуманитарного образования в техническом вузе. Общекультурный смысл его очевиден, очевиден и воспитательно-патриотический смысл, если считать высшее образование индивида не его частным делом, но делом государственным. Ибо государству необходимы культурные и патриотически воспитанные граждане. Иначе никакого гуманитарного образования в техническом вузе вообще не требуется. Но мы такой случай считаем заведомо ненормальным и не рассматриваем. Гуманитарные предметы входят в государственный стандарт высшего образования Российской Федерации. Это прямо соответствует нашей конституции, в которой прописано, что Россия является социальным государством. Следовательно, оно заботится не только о материальном, но и о духовном благополучии общества.

Правота и справедливость такого отношения доказываются по принципу от противного, для чего есть убедительные исторические примеры образовательной политики фашистских режимов и не только их. Они ограничивали образование, причём как собственного народа, так и чужих, оказавшихся под их властью. В частности, режим Салазара в Португалии, существовавший со второй половины 1930-х по первую половину 1970-х гг., ограничил школьное образование четырьмя классами. (Сам он был, между прочим, человек весьма образованный, профессор экономики Каимбрского университета.) Замысел его был очевидно прост – малограмотным, лишённым интеллигенции населением удобнее управлять. О развитии производства он особенно не думал, потому что Португалия располагала богатым набором редких природных ресурсов, экспорт которых в страны, охваченные Второй мировой войной, отлично обеспечивал развитие сырьевой экономики. Режим Салазара всё равно пал. Но в результате интеллектуальный уровень португальцев тоже пал, причём настолько сильно, что в настоящее время в этом легко убедиться пожив в этой стране хотя бы неделю. Фашистский режим Гитлера в Германии с той же целью ограничивал образование на оккупированных территориях тоже несколькими классами школы. Интеллигенция при этом целенаправленно уничтожалась. Стоит напомнить и наш собственный антиобразовательный пример 1990-х гг. – недоумённую фразу Б.Н. Ельцина: «зачем детям лишние знания?» Презрение к людям, расовая ненависть, социал-дарвинистский культ элитарности – очевидные антигуманные мотивы приведённых примеров. Они уродуют духовную сферу общества и ведут его к поражению. Здоровое, жизнеспособное общество их не приемлет.

Духовная сфера общества не выдумка философов, она реально направляет поведение людей в обществе. Она формируется гуманитарным образованием. В обыденной жизни она являет себя привычными, само собой разумеющимися понятиями, которые присущи культуре, – правила поведения, кодексы чести, понятия о добре и зле. В сферах политики и государственного управления это – политические идеологии и политическая культура. В сфере

высшего искусства это – идеи, которыми национальные писатели и художники вдохновляют общество. Духовная сфера общества сложно структурирована. Но на любом своём уровне она выполняет одно дело, создаёт социальные связи и социальные обязательства, формирует социальные и индивидуальные императивы человеческого поведения. Таким образом духовная сфера конструирует общество. Отсюда понятно, что формирование гуманитарно образованного слоя с высшим образованием есть необходимость любого нормально развивающегося общества.

Отсюда очевиден конкретный или, если угодно, утилитарно применимый смысл гуманитарного образования в техническом вузе. Он заключается в формировании культурного сознания, способного вырабатывать нормальные, т.е. общественно полезные и здоровые, представления о целях и задачах своей конкретной технической и инженерной работе.

Что такое нормальные цели и задачи удобно понимать тоже по принципу от противного, иллюстрациями ненормальных целей и задач, тем более что в окружающей действительности их предостаточно. Например, создание компьютерных игр и общения по интернету привело к атрофии воображения у детей, потере способности выражать свои мысли и общаться с людьми. Виртуальный мир породил страх перед миром реальным. Очевидные мотивы создания этих элементов нашей жизни, лень, освобождение от труда и ответственности, аморальны, а результаты вредны. Полагаю, что образованная аудитория сама может привести множество примеров такого рода, от атомной бомбы Оппенгеймера до химических супов быстрого приготовления. Вот только даже она редко отдаёт себе отчёт в исходных мотивах тех, кто всё это создавал и создаёт. А следовало бы.

Конкретный облик гуманитарной составляющей высшего технического образования должен представлять собой набор базовых дисциплин, очень желательно интегрированных друг с другом. Это история России, история общественной мысли и культуры, философия. Факультативно, для особо любознательных, мировая культура, мировая общественная мысль. Поскольку в настоящее время мы переживаем образовательный упадок, надо дополнять школьное образование в вузе. Применительно к гуманитарной составляющей это может выражаться в дополнительном курсе обществознания.

Библиографический список

1. 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.

2. Кочеткова Л.Н. Проблемы преподавания гуманитарных наук в

техническом вузе: ценностные измерения инженерного образования // Ценности и смыслы. – 2001. – № 4 (13).

3. Матронина Л.Ф. К вопросу о качестве образования // Сб. науч. трудов Первой Межд. научно-практической конференции «Актуальные проблемы и перспективы развития радиотехнических и инфокоммуникационных систем»: В 2 ч. Ч. 2. – М.: МГТУ МИРЭА, 2013. – С. 196-199.

4. Павлов С.Б. Исторические традиции инженерного образования в России и современность // Труды Всероссийской научной конференции «Инновационные стратегии развития науки, техники и общества. Социальная инноватика – 2014». – М.: ВНИИгеосистем, 2014. – С. 163-168.

УДК 378

РОЛЬ ИСТОРИИ И ФИЛОСОФИИ НАУКИ В ПОДГОТОВКЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КАДРОВ ДЛЯ НАУКОЕМКИХ ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Винниченко В.М., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Важное место в подготовке кадров для современных наукоемких и высокотехнологических отраслей экономики занимает гуманитарная составляющая, особенно изучение истории и философии науки. Этот интерес обусловлен прежде всего всё возрастающим влиянием науки на жизнь общества и человека. В связи с этим представляется необходимым обратиться к анализу общей структуры и исторического развития типов научной рациональности, места и роли научной картины мира в современной культуре.

В науке, в отличие от ряда других видов человеческой деятельности, как правило, не встаёт вопрос «от какого наследства мы отказываемся» на том или ином историческом этапе. Это обусловлено самой внутренней спецификой научного знания, где обоснованные и подтвержденные на ранних этапах теоретические воззрения не уходят в небытие, уступая место новым, но приобретают новые границы применимости или дополняются и уточняются, оставаясь, при этом, элементами сложной взаимосвязанной системы. Но такая организация научного знания порождает закономерную необходимость историко-философского осмысления фундаментальных парадигм его формирования и развития как сложной системы, методов и источников получения научного знания. Только на уровне такого глубокого осмысления возможны как поиск новых парадигмальных и методологических оснований для решения фундаментальных проблем, стоя-

щих перед наукой на данном этапе её развития, так и формирование стратегии научных исследований.

Историко-философский анализ основ и специфики научного знания тесно перекликается с задачей поиска путей объединения достижений множества отраслей научного знания в рамках единой «теории всего».

В наше время вопрос о единой теории приобретает особое значение, так как дальнейшая дифференциация научного знания на все более слабосвязанное множество дисциплин может привести к катастрофическим последствиям не только для науки, но и для общества в целом. Тезис о катастрофичности последствий для общества вовсе не является преувеличением, если проанализировать роль науки в самых различных отраслях жизни и деятельности человека. Более того, в процессе своего развития наука методично вытесняла из общественного сознания доминировавшие ранее метафизические составляющие, сформировав в итоге особый мировоззренческий базис в фундаменте общественного сознания – научную картину мира.

Исторически наука прошла уже два крупных «фазовых перехода» – две смены типов научной рациональности, лежащих в основе научного знания и научной методологии. Данный вопрос детально разобран в работах выдающегося российского ученого, философа, организатора науки В.С. Степина, в 1989 году впервые предложившего рассматривать исторические этапы развития науки с точки зрения лежащего в их основе типа научной рациональности [1]. Фундаментальным трудом В.С. Степина в направлении исследования парадигмальных основ науки является вышедшая в 2000 году книга «Теоретическое знание», где были сформулированы критерии различения типов научной рациональности и, в соответствии с ними, были выделены *классический*, *неклассический* и *постнеклассический* типы научной рациональности. За основу данного разделения были взяты принципы деятельностного подхода (Г.П. Щедровицкий, Э.Г. Юдин), а главными критериями выступили:

– тип системной организации исследуемого объекта (простая механистическая система, сложная система с саморегуляцией и сложная система с саморазвитием);

– отношение субъекта научной деятельности к объекту, средствам и методам исследования;

– внутренние ценностно-целевые ориентации субъекта и внешние (культурно-социальные) идеалы и нормы научной деятельности.

В соответствии с данными критериями путь, пройденный наукой от классики до постнеклассики, характеризуется, прежде всего, фундаментальным усложнением объекта изучения, последовательным включением в обязательное рассмотрение, наряду с объектом, сначала средств и методов исследования, а затем субъекта, его личных, внутринаучных и общественных цен-

ностно-целевых установок. И все это происходило органично, вытекая из необходимости разрешения проблем, стоящих перед наукой на тот момент. При этом, итогом смены научной рациональности под влиянием научных достижений, был неизбежный пересмотр основ научной картины мира и места человека в нем. Имеется в виду переход от классической, картезианско-ньютоновской модели Вселенной как большого часового механизма к неклассической квантово-релятивистской, и, наконец, к современной постнеклассической модели, переживающей сейчас активное становление.

Если ориентироваться на критерии научной рациональности, предложенные В.С. Степиным [1, 2], то взаимоотношения между культурой и наукой можно представить схемой, изображенной на рис. 1. Согласно данной схеме, существует жесткая двунаправленная связь между достижениями науки и культуры. Для успешной научной и практический деятельности во все более усложняющемся мире исследователю необходимо четко понимать свое место и роль в локальных и глобальных процессах, необходимо глубокое понимание фундаментальных принципов, общих для самых различных отраслей научной деятельности, особенно в современных условиях междисциплинарности и трансдисциплинарности. Современному компетентному исследователю необходимо ориентироваться в достижениях дисциплин, находящихся на острие современной науки. Сфера компетенций современного исследователя все больше расширяется, по мере постепенного сближения научных дисциплин в рамках меж- и трансдисциплинарных тенденций [3].

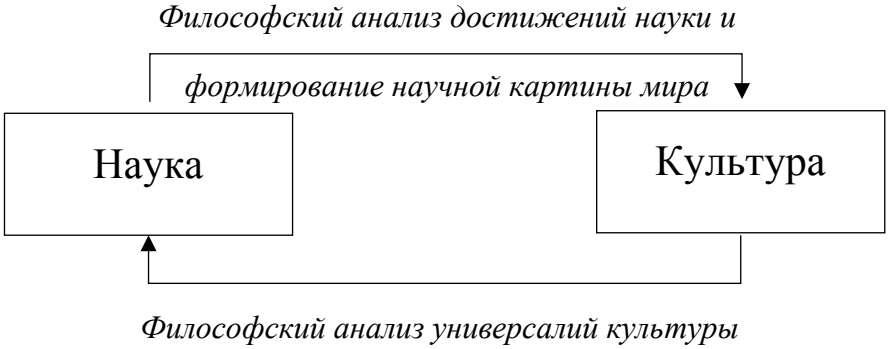


Рис. 1. Связь науки и культуры посредством философии

На основании воззрений таких современных научных дисциплин, как синергетика, теория систем, неравновесная термодинамика и многих других, можно зафиксировать ряд, хоть и не новых, но все более актуальных для современной реальности, тезисов.

1. Теоретический и методологический научный прорыв связан, как правило, с выходом за рамки существующей в данное время научной системы, поэтому он возможен только через глубокий философский анализ как оснований (универсалий, по В.С. Степину) культуры.

2. Огромную роль в осуществлении научного прорыва играет философия. Великий ученый всегда, в какой-то степени, философ. Внутреннее человеческое богатство – основа творческой деятельности, а наука – безусловно, прежде всего, творчество.

3. Имеет место большое влияние науки на фундаментальные основания культуры, а следовательно, и на всю социально-культурную жизнь как отдельного человека, так и общества в целом через производственную деятельность и образование, формирование и популяризацию научной картины мира.

4. Современная техногенная культура прочно связывает предельные онтологические и метафизические чаяния человека с научной картиной мира, общество видит в науке и надежную опору, и средство для поиска ответов на предельные вопросы о смысле человеческого бытия, месте и роли человека в мире.

5. С ростом возможностей человека влиять на такую большую и сложную систему как наша планета, обеспеченным достижениями науки и техники, возрастает ответственность субъекта научной деятельности. Насущной необходимостью становится формирование и воспитание общей научной культуры и этики.

6. Широкий научный кругозор и общая философская и методологическая грамотность позволяют субъекту научной деятельности распознавать псевдонаучные работы, эффективно бороться с их влиянием.

7. Ученый является частью общественной системы и общественных институтов, поэтому ему необходима общая социально-гуманитарная грамотность. Данный тезис касается, в первую очередь, ученых технических специальностей, так как в данной среде, в последнее время (и особенно среди молодых специалистов) наблюдается явное негативное отношение к необходимости изучения социальных, философских и иных гуманитарных дисциплин.

8. Новый взгляд на мир как на последовательную смену типов самоорганизации систем на базе принципа универсального эволюционизма [2, 4], историческое единство вселенской материи и энергии, от кварк-глююонной плазмы большого взрыва до разумных существ, может служить фундаментом для построения совершенно новой картины реальности, служить базисом для взаимной интеграции культур. При решении данной задачи имеет смысл задействовать богатый потенциал постнеклассики для синтеза отраслей научного знания в единую научную картину мира.

На современном постнеклассическом этапе развития научной мысли, не только наука, но и большая часть культуры, в той степени, в которой она связана с наукой и научными достижениями, находятся в своеобразной точке бифуркации [2]. От выбора, свершающегося буквально на наших глазах, зависит не только научный, но и социально-культурный облик будущей человеческой цивилизации. Поэтому именно на данном историческом этапе как

никогда возрастает важность, прежде всего, философии, фундаментального образования и воспитания морально-этических норм, а также чувства исторической ответственности у специалистов, ответственных за научно-технический прогресс [5]. К примеру, одним из ключевых понятий современной науки становится человекоразмерность, как воплощение принципа неразрывной связи субъекта познания – человека – с объектом познания, то есть со сложной системой, представляющей из себя окружающий его мир.

В сложном, но очень интересном современном мире наука может и должна стать локомотивом, способным не просто помочь человечеству в преодолении назревшего масштабного кризиса, но вывести его на совершенно новые горизонты развития в стремлении понять окружающую действительность, свое место и роль в ней.

Библиографический список

1. Степин В.С. Теоретическое знание. – М.: Прогресс-Традиция, 2000. – 744 с.
2. Степин В.С. История и философия науки: Учебник для аспирантов и соискателей ученой степени кандидата наук. – Изд. 3-е. – М.: Академический проект, 2014. – 423 с.
3. Винниченко В.М. Постнеклассическая наука в контексте современной культуры // Труды Всероссийской научной конференции «Инновационные стратегии развития науки, техники и общества. Социальная инноватика – 2014». – М.: ВНИИгеосистем, 2014. – С. 183-188.
4. Малюкова О.В. Введение в историю и методологию науки: Учебное пособие. – М.: Изд-во МГОУ, 2009. – 242 с.
5. Кондратьев В.М., Матронина Л.Ф. Образование в эпоху перемен // Философия образования. – 2009. – №1(26). – С. 6-11.

УДК: 338.2

РАЗВИТИЕ ИННОВАЦИОННОЙ ПОЛИТИКИ В РОССИИ

Сергачева А.Г., Колобаева О.С., Ветрова В.В., Егоренков В.М.,
МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Введение

Россия ставит перед собой амбициозные, но достижимые цели долгосрочного развития – обеспечение высокого уровня благосостояния населения, закрепление геополитической роли страны как одного из глобальных

лидеров, определяющих мировую политическую повестку дня. Единственным возможным способом достижения этих целей является переход экономики на инновационную социально-ориентированную модель развития.

1. Стратегия

Данная стратегия – продолжение проводившейся на протяжении последнего десятилетия политики стимулирования инновационной активности. В 2005 году были приняты Основные направления политики Российской Федерации в области развития инновационной системы на период до 2010 года, в 2006 году – Стратегия развития науки и инноваций в Российской Федерации до 2015 года. В рамках реализации этих программ и стратегий заложены основы действующей национальной инновационной системы, предприняты существенные усилия по развитию сектора исследований и разработок, формирования развитой инновационной инфраструктуры, модернизации экономики на основе технологических инноваций.

Прежде всего, за последние годы значительно увеличено финансирование науки за счет средств государства – как в части фундаментальной науки (в 1,6 раза за период 2006-2008 гг.), так и в части прикладных разработок, в том числе через механизм федеральных целевых программ, через государственные фонды финансирования науки. Создана современная система институтов развития в сфере инноваций, включающая институты предпосевного и посевного финансирования, венчурные фонды с государственным участием (через ОАО «Российская венчурная компания»), Банк развития и внешнеэкономической деятельности (Внешэкономбанк), Государственную корпорацию «Роснанотех», поддерживающую проекты в сфере нанотехнологий.

Значительные усилия предприняты в стимулировании исследовательской деятельности и инновационного развития в высшем образовании. Реализована финансовая поддержка инновационных программ 57 вузов (в 2005-2008 гг. на эти цели было выделено 30 млрд. рублей), почти трем десяткам университетов на конкурсной основе был присвоен статус национальных исследовательских университетов, получателям которого выделены средства на реализацию программ развития, включая создание инновационной инфраструктуры, развитие исследовательской деятельности (в 2009-2010 годах на все программы развития было выделено 8,42 млрд. рублей, всего на данный момент статусом НИУ обладают 29 ведущих российских вузов). Реализуются меры по привлечению к исследовательской работе в российских вузах ученых с мировым именем, по поддержке кооперации вузов с предприятиями, дальнейшему развитию вузовской инновационной инфраструктуры (на эти цели из федерального бюджета в течение трех лет с 2010 по 2012 годы будет выделено 90 млрд. рублей).

Начата работа по формированию национальных исследовательских

центров (на базе Курчатовского института создан первый такой центр). Сформирована инфраструктура поддержки инновационной деятельности – технико-внедренческие особые экономические зоны, предусматривающие значительные льготы инновационным компаниям, технопарки, бизнес-инкубаторы при вузах, центры трансфера технологий, центры коллективного пользования уникальным оборудованием и др. Начата на конкурсной основе поддержка создания и развития инновационных кластеров.

Положено начало созданию новой российской «территории инноваций» в подмосковном Сколково, где создается беспрецедентный правовой режим, минимизирующий административные барьеры и налоговое бремя для компаний-резидентов.

Создается система софинансирования государством инновационных проектов частных компаний – через управляющую организацию проекта Сколково, а также, в перспективе, через Российский фонд технологического развития после его реорганизации. В отношении компаний с государственным участием формируется система поддержки разработки и реализации ими программ инновационного развития.

Проведена значительная работа по совершенствованию правового режима инновационной деятельности – уже введены и продолжают вводиться необходимые налоговые льготы. Принят закон, разрешающий бюджетным учреждениям образования и науки создавать малые инновационные предприятия. За первый год его применения уже создано около 600 малых инновационных предприятий при вузах и научных организациях. Совершенствуется таможенное регулирование экспорта инновационной продукции.

Важно и то, что в последние два-три года вопросы стимулирования инноваций вынесены на самый высокий политический уровень. Создана Комиссия при Президенте Российской Федерации по модернизации и технологическому развитию, в рамках которой определены государственные научно-технологические приоритеты, начато финансирование конкретных проектов в рамках этих приоритетов. Повышен статус Правительственной комиссии по высоким технологиям и инновациям. Тема модернизации и инноваций находится в постоянном фокусе политического руководства страны.

В то же время, из запланированных в Стратегии развития науки и инноваций в Российской Федерации до 2015 года результатов на I этапе (2006-2007 г.) достигнуто лишь менее трети от запланированных показателей. При этом, большинство показателей оказались ниже предусмотренных инерционным сценарием (не учитывающим мероприятия, проводимые в рамках Стратегии), а некоторые демонстрировали негативную динамику.

Мировой экономический кризис 2008-2009 годов серьезно усложнил для России выход на траекторию инновационного развития. Ухудшилось финансовое состояние предприятий, что препятствует наращиванию доли негосу-

дарственного финансирования сектора исследований и разработок. В условиях сокращения доходов бюджета более жесткой стала бюджетная политика, что ограничивает возможности использования государством финансовых стимулов для наращивания инновационной активности. Необходимость поддержания достигнутого уровня социальной защиты населения, пенсионного обеспечения в условиях снизившихся доходов бюджета, негативных демографических трендов, связанных со значительным сокращением численности экономически активного населения, обусловила определенный рост нагрузки на бизнес в части социальных платежей. Это дополнительно ограничивает для бизнеса возможность инвестирования в инновационное развитие.

На втором этапе (2008-2010 гг.) выполнения Стратегии развития науки и инноваций в Российской Федерации до 2015 года средний уровень достижения запланированных показателей составил около 40 процентов, а большинство показателей по-прежнему не достигают даже уровня, предусмотренного инерционным сценарием, по отдельным ключевым показателям сохраняется негативная динамика.

2. Выводы

В целом, не удалость переломить ряд значимых для инновационного развития тенденций. Не удалость кардинально повысить инновационную активность и эффективность работы компаний, в том числе государственных, создать конкурентную среду, стимулирующую использование инноваций. Еще многое нужно сделать для налаживания взаимодействия науки и бизнеса, повышения уровня коммерциализации научных разработок в России до уровня развитых стран ОЭСР. Государственные средства, выделяемые на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, в большинстве секторов экономики расходуются недостаточно эффективно. Не удалось решить проблему старения научных кадров, хотя для улучшения ситуация государство предприняло значительные усилия.

Ключевой проблемой является в целом низкий спрос на инновации в российской экономике, а также его неэффективная структура – избыточный перекос в сторону закупки готового оборудования за рубежом в ущерб внедрению собственных новых разработок.

Одновременно начинает формироваться новая неблагоприятная тенденция отставания в достижении показателей, предусмотренных Основными направлениями деятельности Правительства РФ на период до 2012 года в части науки и инноваций.

Эти тенденции определяют необходимость корректировки проводившейся до сих пор политики в сфере инноваций, смещения акцентов с наращивания общих объемов поддержки по всем составляющим национальной инновационной системы на радикальное повышение эффективно-

сти, концентрацию усилий государства на решении критических для инновационного развития проблем.

Экспертами Министерства экономического развития России отмечается, что история становления инновационных экономик показывает различные примеры временных рамок, требуемых для запуска, ускорения и поддержания инновационного развития.

УДК: 378.147

ИКТ КАК ИННОВАЦИОННАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ ИНОЯЗЫЧНОГО ОБРАЗОВАНИЯ В НЕЯЗЫКОВОМ ВУЗЕ

Абайдуллина О.С., Нанай Ф.А., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

В последние годы всё чаще поднимается вопрос о применении новых информационных технологий (ИКТ) в обучении вообще и иностранному языку, в частности. Роль ИКТ становится значимой в эпоху всеобщей информатизации общества. Сегодня в России Интернет стал базовой потребностью людей и молодежи в особенности, что создало предпосылки для успешной интеграции ИКТ в образовательный процесс. Еще одним фактором внедрения ИКТ стал возросший уровень технического оснащения образовательных учреждений. Мы также не можем не упомянуть о введении образовательных стандартов третьего поколения, в которых информационно-коммуникационная компетенция или медиа компетенция включена в число как профессиональных, так и универсальных инструментальных и системных компетенций обучаемых. К широкому выбору инструментов e-learning и практически неограниченные возможности, которые они предоставляют при обучении любой дисциплине в высшей школе, и иностранному языку, в частности, можно отнести:

- гипертекст, создающий систему перекрестных ссылок в текстовых массивах информации;
- средства мультимедиа, позволяющие записывать и передавать аудио и видеофайлы, которые помогают преподавателю иностранного языка развивать навыки аудирования и говорения;
- технология CD-ROM, позволяющая хранить значительные объемы информации в виде текстовых, видео, аудио и графических файлов, широко применяемая в качестве приложений к современным учебникам и предоставляющая обучаемым дополнительные задания по чтению, аудированию, работе с грамматическим, фонетическим и лексическим материалом;

- вики-технологии, позволяющие создавать веб-сайты различного содержания и назначения.

В арсенале преподавателя иностранного языка сегодня имеются такие «новшества», как:

- компьютерные обучающие и тестовые программы;
- электронные библиотеки;
- словари, текстовые и видео глоссы, используемые в обучении студентов профессионально ориентированной лексике и профессионально ориентированному чтению;
- телекоммуникационные технологии, предоставляющие возможность посредством аудио и видео конференций участвовать в диалоге культур.

Специалисты в области компьютерной лингводидактики отмечают следующие преимущества использования ИКТ:

- возможность индивидуализации учебного процесса.

Студент выбирает свой образовательный маршрут и следует ему в удобном для него темпе и в случае необходимости возвращается к изучаемому материалу;

- мобильность курса.

Наличие электронной почты и форума позволяют осуществлять обратную связь, проводить консультации, то есть использовать учебное время более эффективно;

- аутентичность используемого материала, позволяющая создать иноязычную среду.

Все вышеперечисленное позволяет многим учебным заведениям переходить на электронные учебники и уходить от традиционных учебных пособий. С одной стороны этот процесс оправдан и, прежде всего с экономической точки зрения, так как электронные учебники, построенные на базе технологии Вики, не требуют больших денежных вложений и временных затрат. Содержащийся в них учебный материал можно постоянно обновлять. Однако следует также отметить, что, с другой стороны, большинство подобных учебников имеет традиционное методическое сопровождение. Студентам предлагается прочитать учебник или какую-либо его часть, запомнить информацию и репродуцировать ее путем ответа на поставленные к тексту вопросы. Таким образом, способ подачи и усвоения материала остается традиционным.

Целью современного образования, базирующегося на компетентностном подходе к обучению, является формирование и развитие целого ряда компетенций, под которым понимается совокупность знаний, умений, навыков, формируемых в процессе обучения той или иной дисциплине, а также способ-

ность к выполнению определенной деятельности на основе полученных знаний, навыков и умений. На базе компетенций формируется компетентность личности, которая проявляется в способности эффективно решать проблемы и задачи, возникающие в реальных ситуациях повседневной жизни.

Совершенно очевидно, что в рамках отдельных технологий невозможно сформировать компетентную личность, так как последняя предполагает наличие у человека осознанного понимания целей своей учебной деятельности, способов их достижения, особенностей своего стиля обучения, наличие критического мышления, мотивации к обучению. Именно рефлексия, самооценка являются важнейшими учебными умениями и необходимой основой для усвоения содержания обучения и приобретения иноязычной профессиональной коммуникативной компетентности, являющейся целью обучения иноязычному общению.

Следовательно, применение ИКТ в обучении эффективно только в том случае, если технологии применяются в рамках определенной модели обучения, разработанной с учетом решаемых задач, специфики обучаемых, их потребностей, условий обучения. Но не следует и слишком сильно увлекаться применением информационных технологий в процессе обучения, ибо существует возможность смещения фокуса с предмета на ИКТ и создается впечатление, что студенты осваивают не речевые навыки и умения, а повышают свою компьютерную компетенцию. Только при условии грамотного выбора компьютерных технологий, соответствующих данной модели, образовательный процесс будет иметь поистине инновационный характер, расширит образовательные возможности, позволит индивидуализировать и дифференцировать обучение, повысит мотивацию студентов и создаст условия для самообразования и самосовершенствования в течение всей жизни.

Смещение фокуса обучения на самостоятельную работу студентов, подразумевает увеличение количества часов внеаудиторной работы, что предполагает поддержку курса обучения на базе ИКТ

Главная задача преподавателя состоит в том, чтобы выбрать такие методы обучения, которые позволили бы каждому студенту проявить свою активность, творчество, а также активизировать познавательную деятельность.

Образование – одна из важнейших частей культурной системы общества. Поэтому одной из задач новой концепции образования является культурное развитие человека. При обучении английскому языку студенты соприкасаются с историей, географией, культурой, политикой, литературой страны изучаемого языка.

Речь идёт не только о новых технических средствах, но и о новых формах и методах преподавания. Используя на занятиях традиционные методы обучения наряду с информационно-компьютерными технологиями (ИКТ), параллельно проводится исследование с целью выявления эффек-

тивности применения информационных технологий для повышения качества обучения английскому языку и степени их значимости при формировании социокультурного пространства по сравнению с традиционными методами обучения. Средствами мониторинга являются: опрос, наблюдение, анкеты, статистика показателей успеваемости.

В итоге погружение в виртуальное пространство повышает качество знаний студентов, а также является эффективным средством развития их социокультурной компетенции. Поэтому при разработке занятий на основе инфокоммуникационных технологий необходимо определить:

- для изучения каких тем целесообразно использовать инфокоммуникационные технологии;
- какие задачи можно решить с помощью данных технологий;
- структуру и этапы занятия с привлечением инфокоммуникационных технологий.

Таким образом, правильно организованная работа с использованием ИКТ может способствовать росту познавательного и коммуникативного интереса, однако не следует забывать о непосредственном общении с преподавателем. Только разумное комплексное сочетание всех имеющихся в распоряжении педагога методических приёмов и технических средств может дать желаемый результат.

Особую роль в жизни современного студента играют веб-сайты и образовательные порталы, одним словом Интернет-ресурсы. Образовательное значение интернет неоценимо: открытый доступ к удаленным источникам информации, международным библиотекам, виртуальным музеям, возможность электронной переписки со сверстником из любой страны мира. В связи с этим важно, чтобы студент не только овладел определенным предметом, но, что более ценно, научился самостоятельно приобретать знания, работать с информацией, овладел способами познавательной деятельности. Актуальнее и важнее становится необходимость применения инфокоммуникационных технологий на уроках иностранного языка, выступая главным способом самостоятельной познавательной деятельности, на основе которой в свою очередь студенты приобщаются к изучаемой культуре.

Сегодня исследуются методики использования телеконференций. Именно телеконференции стали активно применяться западными педагогами, они «позволяют организовать коллективную работу студентов, а также реализовать методы деловых игр, мозгового штурма»

Стремительное развитие информационных телекоммуникационных технологий позволяет говорить, что именно за ними стоит будущее нашего образования.

Анализ современных педагогических исследований свидетельствует о возрастающем интересе к проблеме подготовки студентов в области ин-

фокоммуникационных технологий.

В заключении следует отметить, что обучение на базе ИКТ технологий открывает новые горизонты перед педагогами при обучении иностранному языку и формированию иноязычных коммуникативных компетенций. При этом всегда следует помнить, что содержание курса, чтобы быть эффективным и динамичным, должно включать три основных компонента: 1. информацию, которую студент должен освоить; 2. методику введения данной информации для успешного обучения; 3. ИКТ ресурсы, которые служат достижению цели обучения.

Библиографический список

1. Катахова Н.В. «Роль электронной коммуникативной среды в обучении профессиональному иноязычному общению». 62 Научно-техническая конференция. Сборник трудов. Часть 4 Проблемы высшего образования. Гуманитарные и экономические науки. Мю: 2013, 36-41с.

2. Нужа И.В., Смирнова Н.В. «ИКТ в обучении иностранному языку: от традиционного учебника к виртуальной обучающей среде». НИУ ВШЭ электронный ресурс www.hse.ru 2012.

УДК 378.1

СОЦИАЛЬНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ БАКАЛАВРОВ

Гайдамашко И.В., Цуникова Т.Г., Пашина О.Н.,
МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

В статье дана трактовка управления качеством профессиональной подготовки как способа развития социальной действительности. Социально-*педагогический аспект управления* состоит в педагогическом сопровождении, педагогическом консультировании, наставничестве и партнерстве его направленности на создание и обеспечение благоприятных внешних и внутренних организационно-деятельностных условий.

Abstract

The paper presents the interpretation of quality management training as a way of social reality. Socio-pedagogical aspect of management is a kind of pedagogical support, pedagogical counseling, mentoring and partnership of its focus on the creation and maintenance of favourable external and internal organiza-

tional and activity-related conditions.

Keywords: educational activity, motive, pedagogical management, training mechanism.

Управление качеством профессиональной подготовки инженерных кадров в техническом университете следует трактовать как *управление способом развития социальной действительности образовательного пространства*. Образовательная деятельность в этом случае будет выступать как объяснительный принцип, организующий факты реальности в некоторую теоретическую схему и предполагает изучение педагогических процессов в логике целостного рассмотрения основных компонентов (целей, мотивов, действий, анализа результатов); что позволяет соединить теорию и практику; помогает раскрыть цели, средства и результат деятельности субъектов деятельности, понять их взаимосвязь и взаимную детерминацию, при которой при воздействии одного субъекта, происходит соответствующее ожидаемое изменение другого субъекта.

Большой вклад в разработку концепции предметной деятельности внесли отечественные психологи Л.С. Выготский, А.Н. Леонтьев и С.Л. Рубинштейн. Представляя деятельность как исходный момент формирования человека, А.Н. Леонтьев[2] рассматривает деятельность как форму активности, где активность обусловлена потребностью. При этом, «опредмеченная» потребность в исследовании интерпретируется как мотив, деятельность – как совокупность действий, определяемых мотивом, в то время как действие – процесс, направленный на достижение цели, и структурная единица деятельности. Цель выступает, как осознанный образ желаемого результата и связана с мотивом посредством смысла.

Деятельностная теория обучения представлена выводами и теоретическими обобщениями, на основе анализа работ П.Я. Гальперина, В.В. Давыдова, А.К. Марковой, Н.Ф. Талызиной, Д.Б. Эльконина и др.

В трактовке профессиональной подготовки деятельностный подход предполагает анализ процесса обучения как целостной системы, как реального процесса решения учебных задач, стоящих перед субъектами образовательной деятельности, как «изменения самого субъекта деятельности в процессе действий, воспроизводящих объективные свойства познаваемого предмета при решении учебных задач обобщенными способами действий»[3]. К числу наиболее значимых теорий обучения, основанных на деятельностном подходе, следует отнести:

---

[2] Леонтьев А.Н. Деятельность. Сознание. Личность – М.: Политиздат, 1977. – 304 с.

[3] *Зимняя И. А. Педагогическая психология*. // Учебник для вузов. Изд. второе, доп., испр. и перераб. – М.: Издательская корпорация «Логос», 2000. – С. 87-93.

1. Теорию поэтапного формирования умственных действий (П.А. Гальперин, Н.Ф. Талызина и др.), основанную на культурно-исторической концепции Л.С. Выготского о развитии высших психических функций.

2. Ассоциативную теорию развития ума (Ю. Самарин и др.); теорию развивающего обучения (В.В. Давыдов, Л.В. Занков, З.И. Калмыкова, Н.А. Менчинская, Б.Д. Эльконин, И.С. Якиманская и др.).

3. Теорию проблемного обучения (Г.В. Кудрявцев, И.Я. Лернер, А.М. Матюшкин, М.И. Махмутов и др.).

4. Теорию оптимизации обучения (Ю.К. Бабанский, М.М. Поташник и др.).

5. Кибернетическую теорию обучения (С.И. Архангельский, Н.В. Кузьмина, Ю.Н. Кулюткин, Е.И. Машбиц, Н.М. Пейсахов, Н.Ф. Талызина и др.).

6. Теорию полного усвоения знаний (Л.Андерсон, В.П. Беспалько, Б.Блум и др.).

Общими ограничениями, как отмечают исследователи Е.И Машбиц, С.Г. Воровщиков, В.А. Якунин и др., являются их *обращенность в основном к определенной возрастной категории и технологическими сложностями реализации теоретических установок (мотива)*.

Последнее ограничение может быть разрешено, если принять тезис, что *управление выступает в качестве механизма обучения*[4].

Условиями применимости организационно-деятельностного подхода можно считать: «1) все компоненты обучения, включая различные знаковые и технические средства, рассматриваются в контексте деятельности обучающего и обучаемых; 2) отношения между обучающим и обучаемым представляет собой особый вид взаимодействия – управление; 3) механизмом обучения является управление, а не передача знаний»[5].

В соответствии с таким пониманием Е.И. Машбиц предлагает трактовать *обучение как совместную взаимозависимую деятельность обучаемых и обучающих, взаимодействие которых не только предполагает известную организацию, но и само принимает форму управления*.

В.М. Блинов определяет обучение как средство, инструмент для социального исследования, то есть деятельность, с помощью которой воспроизводится любая деятельность. *В.В. Краевский характеризует обучение как специально организованную деятельность по воспроизводству*

---

[4] Машбиц Е.И. Психологические основы управления учебной деятельностью. – Киев: Изд-во «Вища школа», 1987. – 224 с.

[5] Адлер Ю. Лидерство как механизм постоянного обеспечения конкурентоспособности // Стандарты и качество. № 5, 2000. – С. 14-22.

культуры, как одну из сфер общественной деятельности.[6] П.И. Пидкасистый, Л.М. Фридман, М.Г. Гарунов определяют обучение в высшей школе как специально организованный процесс, который для будущего специалиста начинается при формировании конкретных знаний, умений и навыков, усвоения способов профессионально-творческой деятельности.

Для исследования важны следующие теоретические положения, выдвинутые учеными Санкт-Петербургской школы:

1) если воспитание и обучение рассматривать как организационную форму социальных воздействий, то они могут быть описаны с позиций теории управления.

2) в процессуальном плане обучение представляет собой единство основных функций, последовательно и циклично сменяющих друг друга и тем самым образующих определенный технологический метод.

3) цикличный характер управления в обучении связан с последовательным переводом учащихся из одного социально-психологического состояния в другое, предопределяя тем самым постоянный и поступательный процесс их социальной идентификации.

4) деятельность обучаемого и обучающего описывается единой функциональной схемой, поскольку в обучении каждый из них выступает в качестве субъекта управления по отношению к другим или к самому себе.

Первоначально основные принципы инженерного образования были сформулированы С.И. Зиновьевым, А.В. Барабанщиковым, М.Н. Дьяченко, Л.Д. Кандыбовичем, Ю.В. Киселевым, И.И. Кобыляцким, Т.В. Кудрявцевым, Б.А. Лисицыным, Ф.И. Науменко, Р.А. Низамовым и др. как:

1) направленность высшего образования на развитие личности будущего инженера;

2) обеспечение непрерывности образования;

3) обеспечение информационной и технологической поддержки профессиональной подготовки бакалавров;

4) обеспечение соответствия содержания профессиональной подготовки бакалавров ФГОС ВО, а также современными и прогнозируемыми тенденциями развития науки (техники) и производства (технологий);

5) достижение оптимальное сочетание общих, групповых и индивидуальных форм организации учебного процесса в вузе;

6) рациональное применение современных методов и средств обучения на различных этапах подготовки инженеров;

---

[6] Краевский В.В. О культурологическом и компетентностном подходах к формированию содержания образования / Доклады 4-й Всероссийской дистанционной августовской педагогической конференции «Обновление российской школы» (26 августа – 10 сентября 2002г.). – http://www.eidos.ru/conf/.

7) достижение соответствия результатов подготовки специалистов требованиям, которые предъявляются конкретной сферой их профессиональной деятельности, обеспечение их конкурентоспособности.

Можно дать следующее определение: сущностной характеристикой организационно-деятельностного подхода к управлению формированием социальной составляющей профессиональной подготовки бакалавров в технических вузах является система основных компонентов профессиональной подготовки в их взаимосвязи и динамике, что позволяет в рамках данного подхода выявить системные свойства и качественные характеристики изучаемого объекта с позиции образовательного социума.

Таким образом, *управление качеством подготовки бакалавра в техническом университете определено как непрерывное поэтапное взаимодействие управляющей и управляемой подсистем (взаимодействие субъектов управления) на стратегической, корпоративной, обучающей основе, направленное на обеспечение качества подготовки бакалавра инженерного вуза. Оно опирается на гармонизацию образовательного процесса (методическое обеспечение); кадрового обеспечения (уровень заинтересованности студентов, преподавателей, руководства вуза); материального обеспечения учебного процесса в техническом вузе; контроля (проверка успеваемости бакалавров, рейтинг преподавателей); дополнительного образования (повышение квалификации, дополнительные направления профессиональной подготовки и самосовершенствования студента) и обеспечивает устойчивое развитие вуза и образования*.[7]

Собственно *педагогическое управления качеств*ом профессиональной подготовки состоит в педагогическом сопровождении (педагогическом консультировании, наставничестве и партнерстве) его направленности на создание и обеспечение благоприятных внешних и внутренних обстоятельств: объективных и субъективных условий в таком динамическом равновесии и в таком сочетании, что позволит неуклонно приближаться к заданным ФГОС ВО целям инновационного развития профессиональной подготовки бакалавра как базового инженерного образования.

Библиографический список

1. Адлер Ю. Лидерство как механизм постоянного обеспечения конкурентоспособности // Стандарты и качество. № 5, 2000. – С. 14-22.

2. Гайдамашко И.Г., Филатов С.В., Цуникова Т.Г. Методические рекомендации по проведению исследования проблем управления

[7] Филатов С.В. Некоторые концептуальные положения управления качеством профессиональной подготовки бакалавров в техническом университете: Монография/ С.В. Филатов, Т.Г. Цуникова. – Ярославль: Ремдер, 2013. – 140с.

качеством профессиональной подготовки бакалавров в техническом университете./ **Учебное пособие**. Издание повторное переработанное. – М.:ТранАрт, 2014.-140 с.

3. Зимняя И. А. *Педагогическая психология*. // Учебник для вузов. Изд. второе, доп., испр. и перераб. – М.: Издательская корпорация «Логос», 2000. – С. 87-93.

4. Краевский В.В. О культурологическом и компетентностном подходах к формированию содержания образования / Доклады 4-й Всероссийской дистанционной августовской педагогической конференции «Обновление российской школы» (26 августа – 10 сентября 2002г.). – http://www.eidos.ru/conf/.

5. Леонтьев А.Н. Деятельность. Сознание. Личность – М.: Политиздат, 1977. – 304 с.

6. Машбиц Е.И. Психологические основы управления учебной деятельностью. – Киев: Изд-во «Вища школа», 1987. – 224 с.

7. Филатов С.В. Некоторые концептуальные положения управления качеством профессиональной подготовки бакалавров в техническом университете: Монография/ С.В. Филатов, Т.Г. Цуникова. – Ярославль: Ремдер, 2013. – 140с.

8. Цуникова Т.Г. Methodological Approaches to Study of Innovative Educational Process Quality in a Technical University [Текст] / *Т.Г. Цуникова, С.В. Филатов*// Педагогическое образование в России - Издательство: Уральский государственный педагогический университет (Екатеринбург) ISSN: 2079-8717, №12, 2011 (РИНЦ)

УДК: 378.14

ДИСТАНЦИОННЫЕ МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ПОДДЕРЖКИ ОБУЧЕНИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЮ ЦИФРОВЫХ УСТРОЙСТВ

Деменкова Т.А., Кожевников Г.С., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

В настоящее время актуальной является задача создания систем дистанционного обучения, предназначенных для изучения специальных дисциплин в области вычислительной техники. В работе была поставлена задача исследования архитектурной модели такой системы для получения оптимального варианта с целью решения основных технических проблем, которые тормозят процесс внедрения.

Одной из основных трудностей разработки программного обеспечения для дистанционного обучения является нарастание сложности создаваемых

систем. Проблема может быть решена с помощью построения актуальной и понятной архитектурной модели системы. Современная программная модель системы дистанционного обучения (СДО) должна реализовываться на базе распределенных компонентов. Разработка распределенных приложений, несомненно, относится к сложным задачам. До начала проектирования эффективной программной модели СДО с помощью технологии распределенных приложений следует проанализировать основные проблемы, возникающие в процессе функционирования распределенной системы. Одной из таких проблем является проблема производительности. На производительность распределенного приложения влияет множество факторов. Например, за пределами программной системы это скорость сети, ее загрузки и аппаратные проблемы, связанные с отдельными компьютерами (проблемы процессоров, подсистем ввода-вывода, размер и скорость работы оперативной памяти). На современном уровне развития технологий распределенных приложений производительность и открытость являются взаимоисключающими целями. Другой важной проблемой является защита данных в распределенной среде. Защищенным считается распределенное приложение, в котором выполняются три основных требования, связанных с защитой: аутентификация, криптография и управление доступом (авторизация) [1].

В требованиях к модели СДО отмечается, что одной из важных характеристик системы является ее возможность взаимодействия с существующими или создаваемыми компонентами. Также нужно быть готовым к ситуациям, когда возможности общения у посторонних компонентов будут несколько ограничены. Модель взаимодействия с системой базируется на понятии точки потребления услуг. Для описания точки взаимодействия был разработан формат, описываемый языком XML. Основными характеристиками точек взаимодействия являются: адрес нахождения точки, транспорт и протокол обмена между точкой и потребителем, интерфейс. В процессе исследования был сформулирован метод построения и формат описания точек взаимодействия с системой. Благодаря предложенной процедуре использования точек взаимодействия системы появляется возможность обеспечить механизмы интеграции СДО с рядом подсистем и компонентов, в которых изначально не было заложено возможностей интегрирования.

Методика проектирования СДО включает в себя несколько этапов. К наиболее важным этапам относятся построение дискретной модели СДО и выбор технологии организации и автоматизации тестирования учащихся. На последнем этапе проектирования необходимо выбрать оптимальный вариант технической (аппаратной) трехуровневой реализации системы дистанционного обучения с обязательным проведением экспериментов по нагрузочному тестированию системы в различных режимах работы. Тест на нагрузку представляет собой последовательность запросов к системе, созданной опреде-

ленным числом виртуальных пользователей. При выполнении теста соответствующий алгоритм выполняет установленные запросы с заданными параметрами, сохраняет и анализирует ответы от сервера и параметры, описывающие работу компьютеров, на которых находятся сервер и клиенты.

Поскольку программная реализация модели СДО была осуществлена на платформе .Net Framework, в качестве инструмента реализации экспериментальной проверки был выбран пакет Microsoft Visual Studio Team System (VSTS). Преимуществами данного инструментария является многофункциональность, собранная в одном пакете, глубокая интеграция в среду разработки .Net Framework и возможность переноса существующего опыта решения одного типа задач на другие задачи. В VSTS существует шесть базовых видов тестов: unit test, manual test, ordered test, web test, load test, generic test. Также предоставляется возможность создавать пользовательские типы тестов. Можно выделить следующие виды тестирования: тестирование производительности, стрессовое тестирование, тестирование надежности, объемное тестирование.

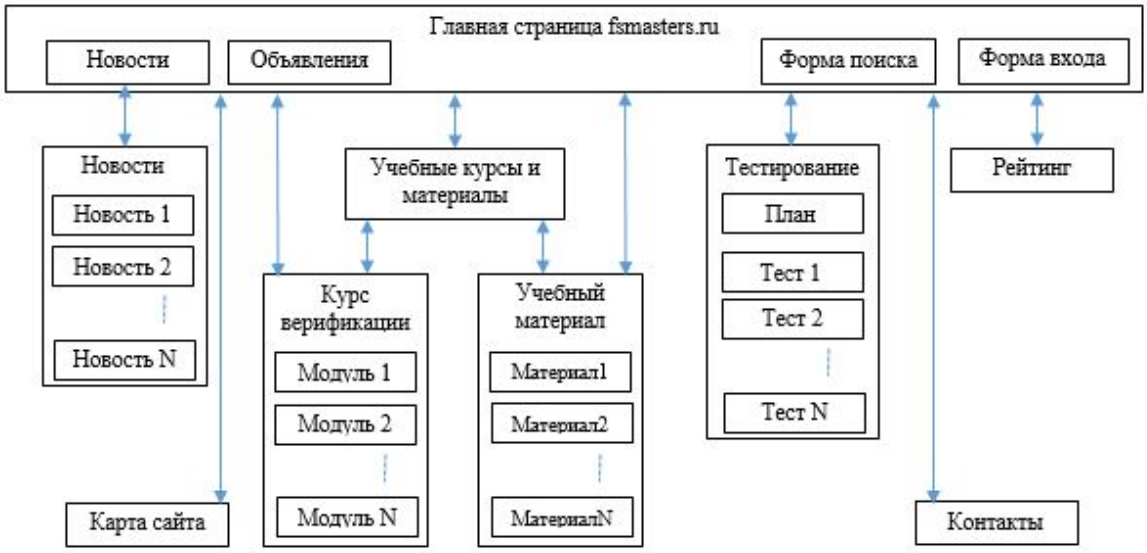


Рис.1. Структурная схема сайта FS-MASTERS

Проведенные исследования и предложенная методика проектирования системы позволяют получить следующие преимущества: высокую скорость работы, оптимальное использование вычислительных ресурсов, эффективное решение задач поиска и ликвидации ситуаций с тупиками, гибкие возможности масштабирования системы, удобство и простоту использования. Полученные результаты нашли применение при разработке последней версии СДО FS, направленной на поддержку дисциплин, которые входят в программу подготовки магистров по направлению «Информатика и вычислительная техника» на базе Центра проектирования интегральных схем, устройств наноэлектроники и микросистем в МГТУ

МИРЭА. На рис.1 представлена структурная схема сайта.

Отличительной особенностью системы FS-MASTERS является наличие разработанных специальных модулей для настройки системы под конкретного пользователя на основе технологии юзабилити. Система может использоваться в качестве инструмента для проведения исследований в области психологии учебного процесса и не имеет аналогов в этой предметной области. Практическое использование и внедрение системы возможно в университетах на уровне магистерской подготовки для обучения студентов, не имеющих возможности посещать очные занятия и требующих индивидуального подхода в обучении. Проблема связана также с и тем, что многие магистранты получили подготовку в разных учебных заведениях и невозможно проводить обучение без специальной адаптации программ в соответствии с уровнем этой подготовки. Использование FS-MASTERS позволяет получить на выходе одинаково подготовленных магистров в соответствии с учебными планами.

Система электронного обучения FS-MASTERS представляет собой сайт под управлением CMS Joomla! с использованием различных плагинов, модулей и шаблонов. Joomla! Представляет собой систему управления содержимым (CMS), написанную на языках PHP и JavaScript, использующую в качестве хранилища базы данных СУБД MySQL или другие индустриально-стандартные реляционные СУБД. Является свободным программным обеспечением, распространяемым под лицензией GNU GPL.

Минимальные системные требования сервера для версии Joomla! 3.x: PHP 5.3.10+ (Magic Quotes GPC off), MySQL 5.1+ (с поддержкой InnoDB), Apache 2.x+ (с модулями mod_mysql, mod_xml, и mod_zlib).

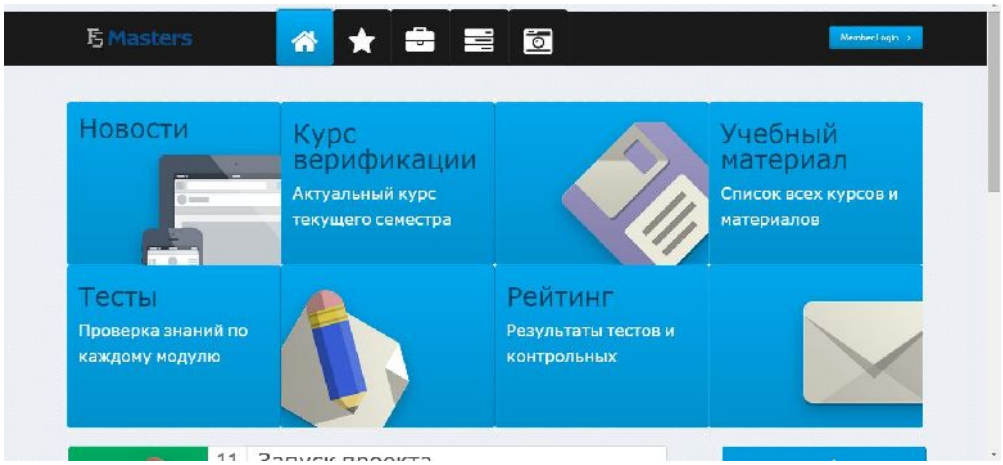


Рис.2. Главная страница сайта

Сайт соответствует последним исследованиям в области юзабилити. Можно выделить следующие достоинства сайта. Он имеет интуитивно понятный интерфейс, удобную навигацию. Использование системы не вызывает вопросов относительно выполнения действий. Выполнена минимизация времени

загрузки страниц системы обучения за счет кэширования, оптимизации базы данных, минимизации размера и оптимизации изображений, оптимизация CSS и JavaScript. Следует отметить отсутствие всплывающих окон, оптимальные цвета элементов и текста, оптимальный размер текста. Элементы, связанные логически, связаны визуально. Элементы, являющиеся частью друг друга, являются вкладками. В системе хорошие, четко прорисованные вкладки. Выбранная вкладка выделяется, вместе с ней выделяется страница.

Система обучения FS-MASTERS корректно отображается во всех браузерах и на всех устройствах. Это достигнуто свободно масштабируемой (динамической) компоновкой страниц, которая обеспечивает корректное отображение сайта при разных разрешениях экрана. Для реализации адаптивного дизайна используются CSS3 Media Queries. В зависимости от размера экрана, пользователь будет видеть разную картинку, либо не будет видеть каких-то элементов вообще. Результатом такого подхода является не только то, что сайт отображается корректно на экранах различных размеров, но и то, что на смартфоне сайт выглядит как приложение (рис.3).

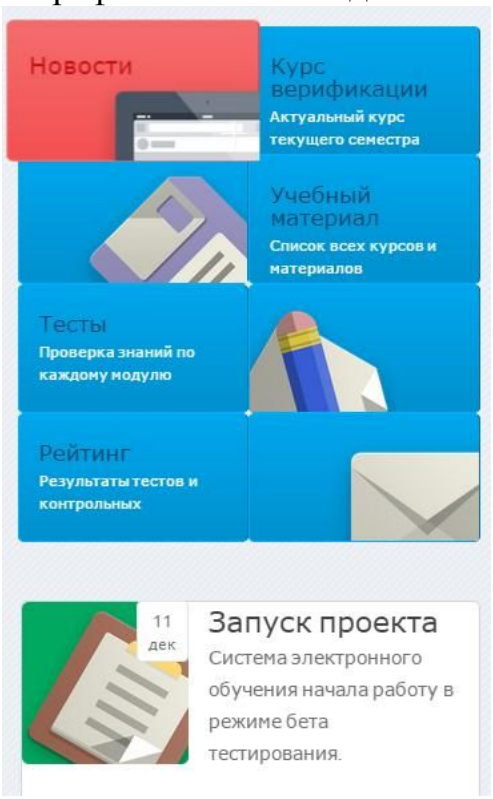


Рис.3. Отображение сайта на экране смартфона

Разработанная система содержит базовые механизмы автоматизации процесса обучения в структурных подразделениях учебного заведения [2]. Предложены методика и рекомендации по реализации систем, позволяющие объединять существующие учебные и административные программные модули собственной разработки и проводить интеграцию с широко из-

вестными стандартными системами. В системе реализован курс «Верификация проектов устройств и систем в САПР», который может использоваться для подготовки и повышения квалификации специалистов в области наукоемких отраслей промышленности.

Библиографический список

1. Остроух А.В., Суркова Н.А. Электронные образовательные ресурсы в профессиональном образовании – М.: Ламберт, 2011.

2. Деменкова Т.А., Кожевников Г.С.Программа поддержки дистанционного обучения методам проектирования цифровых устройств. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №201461867. Дата регистрации 27.08.2014 г.

УДК: 378.147

РАЗВИТИЕ МЕЖПРЕДМЕТНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ ПРИ ОБУЧЕНИИ ИНОСТРАННОМУ ЯЗЫКУ В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ

Иванова Е.А., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Развитие межпредметных компетенций при преподавании иностранного языка в неязыковой высшей школе представляет собой одну из возможных педагогических технологий обучения [1, 2, 3, 4, 5]. Цели и результат данной технологии определяются межпредметными связями (МПС), представляющими собой взаимодействие и сопряженность наук, учебных дисциплин, определяемых общими элементами содержания, системой и методическими формами и приемами обучения, обеспечивающих комплексное применение знаний при профессиональном становлении специалиста.

Обратимся к проблеме определения МПС между предметом «Иностранный язык» и прочими дисциплинами, изучаемыми конкретным студентом. Установление МПС в данном случае являются важным, передовым средством углубления профессиональных познаний и навыков будущих специалистов [6, 7]. Рассматриваемая концепция появилась в связи с тем, что в разных областях науки произошла дифференциация знаний и учебного материала. Поэтому интегративный подход в современных научных отраслях как никогда актуален. МПС придают интеллектуальной деятельности целостность. Однако для целей реализации интеграции в случае с дисциплиной «Иностранный язык» задействуются не взаимопроникновение научных теорий, понятий, законов, а особая взаимосвязь предметов – использование содержания учебного материала профильных дисциплин

при изучении иностранного языка и использование иностранного языка при иноязычной коммуникации специалистов на профессиональные темы.

Обучение иностранному языку как непрофильному предмету невозможно без соответствующей базовой подготовки студентов в области профессиональных дисциплин. Например, чтение учебных текстов по специальности в техническом вузе подразумевает владение учащимися не только знаниями иностранного языка, но и понятийным аппаратом рассматриваемой предметной области. Таким образом, читая учебно-научную литературу на занятиях по иностранному языку, студенты, во-первых, практически применяют полученные ранее теоретические знания по лексике и грамматике; а во-вторых, проверяют и дополняют свои сведения в профессиональной сфере. Последнее помогает формировать навыки будущего специалиста. Иностранный язык, таким образом, представляется существенной составляющей в управлении качеством подготовки профессионала, поскольку он в наибольшей степени и явственно реализует межпредметные связи.

Установив МПС между дисциплиной «Иностранный язык» и профильными дисциплинами, переходим к созданию модели реализации МПС при обучении иностранному языку. Определим четыре компонента в обучении иностранному языку, ведущих к формированию полноценного профессионала:

1) Подготовленность студентов к восприятию содержания учебного материала, тем более что понимать его требуется с использованием еще и знаний иностранного языка. Постичь новую информацию возможно лишь тогда, когда она базируется на фоновых знаниях учащегося, включается в уже существующую систему его знаний.

2) Подготовка учебного материала с учетом особенностей конкретной группы студентов, выявленных при входном тестировании:

а) учебно-научных текстов, отражающих содержание учебных программ по профилирующим предметам;

б) комплексов вопросов, касающихся определенной научной тематики;

в) индивидуальных проектных заданий, связанных с будущей профессиональной деятельностью студентов.

3) Личность преподавателя, который обязан не только отлично владеть своим предметом, но и разбираться в терминах, понятиях, теориях, описываемых в соответствующих текстах.

4) Контроль степени владения:

а) всеми уровнями иностранного языка;

б) умением выражать свои мысли как на родном, так и на иностранном языке;

в) знаниями в профессиональной области;

г) навыками формулировки знаний в профессиональной области средствами иностранного языка;

д) умением привлекать новую информацию на иностранном языке к решению профессиональных задач.

Учебная система по иностранному языку для неязыкового вуза должна включать материал, содержащий три составляющие:

- фундаментальная (языковая база, не зависящая от специальности);
- варьируемая (язык конкретной профессии);
- проектная (самостоятельное применение знаний в учебно-профессиональной деятельности).

Эта методическая система даст соответствующий результат в том случае, когда она будет обслуживаться следующими качественными средствами:

1. Учебный план должен быть составлен в соответствии с будущими профессиональными интересами студентов (на примере учебно-научных текстов, желательно неадаптированных, содержание которых связано с конкретными специальностями данной группы), т.е. должен включать все три составляющие учебного материала.

2. Дидактические принципы межпредметных связей и технология преподавания, направленная на формирование у студентов знаний и навыков самостоятельного создания текстов по специальности и коммуникации на иностранном языке.

3. Вид учебной работы:

- базовое теоретическое изучение разных уровней иностранного языка;
- практическое применение базовых теоретических знаний (все виды компетенций);
- изучение языка специальности на всех уровнях;
- практическое применение языка специальности на занятиях;
- самостоятельная работа студента с использованием полученных знаний и навыков по иностранному языку.

4. Система заданий по разным видам учебной работы.

В схематичном виде модель реализации МПС при обучении иностранному языку представлена на схеме:

Способом формирования межпредметных компетенций на занятиях является показ связей между иностранным языком и профильными дисциплинами учебного плана. Так, студентам предлагается изучение оригинальных текстов: например, для Институтов Кибернетики и Информационных технологий МГТУ МИРЭА подбираются современные тексты типа «Квантитативный компьютер», «Искусственный интеллект», «Компьютерная безопасность» и т.п. Работа с текстами ведется так, чтобы студенты невольно устанавливали МПС со своими профильными предметами. Так, даются задания такого типа: «Прочитав заглавие текста, предвосхитите его

содержание»; «Вообразите себе содержание текста, опираясь на заглавие»; «Объясните заглавие текста и предложите другое, свое»; «Объясните ключевые понятия текста (они выписаны), как если бы Вы разговаривали бы с непрофессионалом».

С одной стороны, студенты могут предвосхитить содержание текстов и объяснить что-либо лишь при наличии соответствующих базовых знаний.

С другой стороны, фоновые знания на 1-2 курсах у студентов еще не велики, поэтому содержание оригинальных текстов по соответствующим специальностям им пока в полной мере не известно. Тем самым студенты познают элементы специальности не на профильных занятиях и не на более старших курсах, а изучая иностранный язык на младших курсах. Иными словами, существует взаимопроникновение и взаимовлияние разнородных дисциплин.

Итак, использование на практике данной модели МПС при изучении иностранного языка студентами неязыкового вуза будет способствовать:

1) расширению и закреплению базовых знаний и навыков по иностранному языку в процессе перевода текстов, ответов на вопросы, создания собственных текстов учащимися;

2) лучшему овладению профессиональным иностранным языком;

3) навыками самостоятельной проектной работы, носящей характер междисциплинарной деятельности;

4) закрепление существенных для будущей профессии знаний;

5) повышение мотивации студентов в изучении иностранного языка, поскольку ими осознается область применения данной дисциплины, связь ее с их будущей профессиональной деятельностью.

Библиографический список

1. Гусинский Э.Н. Построение теории образования на основе междисциплинарного системного подхода. М., 1994. 254 с.

2. Еремкин А.И. Система межпредметных связей в высшей школе. Харьков, 1984. 152 с.

3. Зверев Д.И., Максимова В.Н. Межпредметные связи в современной школе. М., 1981. 64 с.

4. Зотеева, И.Н. Пути реализации и перспективы использования межпредметных связей при обучении французскому языку в средней школе / И.Н. Зотеева // Иностранные языки в школе, 1991. – № 3. – С. 17-19.

5. Максимова В.Н. Межпредметные связи в процессе обучения. М., 1987. 192 с.

6. 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.

7. 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.

УДК: 378.147

РОЛЬ ИНТЕРНЕТ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ ИНОСТРАННЫМ ЯЗЫКАМ

Чернова Н.И., Катахова Н.В., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Целью обучения иностранным языкам является формирование и развитие у обучаемых, в нашем случае студентов инженерного и экономического профилей, языковой коммуникативной компетенции. Приобретенная ими языковая коммуникативная компетенция позволит им, действуя в ре-

жиме вторичной языковой личности, стать участниками профессионального общения на иностранном языке; реализовать свои профессиональные потребности и личные деловые контакты, а также предоставит возможность профессионального самообразования и совершенствования.

В соответствии с требованиями ФГОС ВПО в результате освоения дисциплины «Иностранный язык» обучающийся должен обладать следующими компетенциями, а также знать, уметь и владеть:

- обладать общекультурными компетенциями;
- владеть культурой мышления, воспринимать, обобщать, анализировать информацию;
- владеть одним из иностранных языков на уровне, обеспечивающем эффективную профессиональную деятельность;
- обладать профессиональными компетенциями: способностью собирать, обрабатывать, анализировать и систематизировать научно-техническую информацию по тематике исследования, использовать достижения отечественной и зарубежной науки, техники и технологии;
- в рамках профессионально-ориентированной лингвистической подготовки уметь осуществлять сбор и анализ научно-технической информации, обобщать отечественный и зарубежный опыт в своей профессиональной области, проводить анализ патентной литературы;
- адекватно воспринимать, понимать и давать оценку достижениям науки других народов в процессе профессиональной коммуникации;
- уметь строить речевое и неречевое профессиональное поведение с учетом социальных форм поведения, обусловленных культурой стран изучаемого языка;
- логически верно, аргументировано и ясно строить устную и письменную речь.

Следовательно, исходя из выше сказанного, процесс обучения иностранному языку должен быть максимально направлен на удовлетворение и общественных потребностей, и личных целей и мотивов обучающихся, которые связаны с активной интеграцией нашего общества в мировую систему.

В современном мире любой специалист нуждается не только в новых практических навыках и теоретических знаниях, но и в способности постоянно их применять и совершенствовать, а значит находиться в образовательном процессе на протяжении всей жизни. Поэтому интеграция в современный процесс обучения иностранному языку современных информационных и коммуникационных технологий, основанных на Интернет, телекоммуникационных сетях и интеллектуальных компьютерных системах, которые созданы на базе глобальной информационной инфраструктуры и являются источником глобальной системы знаний,

позволяет, прежде всего, реализовать главные цели - формирование коммуникативной компетентности будущего специалиста и его адаптацию к быстро меняющимся профессиональным требованиям. Информационные технологии прочно вошли во все сферы жизни человека и общества, в том числе и в сферу образования. Они не только дополняют традиционную форму обучения – классно-урочную систему, но и весьма удачно заменяют ее в особенности, если речь идет о заочной форме обучения. Такие преимущества информационных технологий, как доступность (наличие интернета), несложность в техническом использовании, обновление и пополнение контента (возможность быстрой замены устаревшей информации на новую), применение любых мобильных устройств от айфона до айпада делают электронные средства обучения незаменимыми для дистанционного образования.

Интернет технологии. открывают обучающимся доступ к свободному получению знаний и информации, обеспечивая выход за рамки локальных, узконациональных контекстов; позволяют работать над учебным материалом в любое время и в любом месте, синхронно или асинхронно с преподавателем или другими обучающимися; успешно сочетать индивидуальные и групповые задания; адаптироваться к новым условиям профессиональной деятельности; повышают мотивацию и познавательную активность обучающихся, интерес к предмету, помогают интенсифицировать и индивидуализировать обучение, устраняют психологический барьер при использовании иностранного языка как средства общения.

Коммуникация – основа формирования языковой компетенции, а поскольку коммуникация – это сам по себе процесс деятельности, включающий действия речевого характера, то и деятельностный подход как один из основных подходов, лежащих в основе формирования любого языкового навыка и умения, служит базой и для развития как языковых речевых, так и и неречевых компетенций. Коммуникативно - обусловленный характер образовательного процесса по иностранным языкам предполагает овладение языком, в первую очередь, как средством общения.

Дидактика определяет структуру и последовательность овладения навыком общения и включают – 1) постановку коммуникативной задачи или цель. 2) языковые средства, обеспечивающие коммуникативность. 3) сформированность умений и навыков общения, коммуникации.

Коммуникации охватывают все сферы человеческого общения – научную, общественно-политическую, межкультурную, профессиональную, социально-бытовую. Современные активные методы обучения, направлены на формирование у студентов самостоятельности (компетентность в сфере самостоятельной познавательной деятельности), активности, гибкости мышления. Обучающийся выступает в роли творца своего знания. Информационные и

коммуникационные технологии, как инновационные технологии, неразрывно связанные с применением компьютизированного обучения, как нельзя лучше позволяют решать задачу формирования языковой компетенции.

Работа с компьютером позволяет организовать познавательную деятельность, предоставляя студентам свободу действий, так как занятия проходят в неформальной обстановке; пользоваться аутентичными материалами, несущими в себе живой современный язык; общаться с носителями языка в естественной языковой среде, что, несомненно, формирует способность к межкультурному взаимодействию. Исключительные возможности Интернет предоставляет для овладения средствами общения в письменной форме, обеспечивая возможность реализации коммуникативного подхода к обучению письменным видам речевой деятельности. Развитие международных контактов в области бизнеса, экономики и информационных технологий требует от специалистов использования иностранного языка не только при изучении зарубежной научной литературы, но и при устном и письменном общении со специалистами в своей области деятельности. В целях обучения неречевому профессиональному поведению на иностранном языке используется общение в режиме электронной почты. Особый интерес в связи с этим в настоящее время вызывают онлайн-дневники (блоги), как перспективное средство обучения письменной электронной коммуникации, которая позволяет осуществить не только учебную, но и реальную коммуникацию на изучаемом языке. Блог – это сайт в виде журнала, построенного по типу хронологических дневников с простыми и удобными средствами администрирования, не требующих специальных знаний и доступных всем. Веблоги завоевывают все большую популярность среди преподавателей иностранных языков, так как они представляют платформу для личностно-ориентированного общения, а во-вторых, позволяют совершенствовать навыки письменной речи. Кроме того, блоги имеют ряд преимуществ перед электронной почтой, чатами и др. в силу следующих характеристик: простоты использования и доступности, эффективности организации информационного пространства, интерактивности и мультимедийности. Для преподавателей опубликованные работы студентов – это возможность контролировать их самостоятельную работу и оперативно корректировать ее. В ходе работы над блогами обучающиеся приобретают навыки учебной автономии и управления своим обучение. Имеющаяся в блогах функция размещения комментариев к сообщениям способствует получению обратной связи и потенциальной поддержки новых идей, а возможность включения в в текст гиперссылок на другие ресурсы помогает студентам осознать пути конструирования и освоения знаний.

Современные компьютерные средства позволяют создавать новые компьютерные программы для специальных учебных целей и могут быть как обучающими, тренировочными, так и контролирующими. Ин-

формационные технологии открывают новые перспективы для развития самостоятельной работы обучающихся и широко используются в процессе самостоятельной и домашней работы при изучении иностранного языка. Они позволяют рационально распределять время, отведенное на подготовку к семинару, выполнять индивидуального задания, обеспечить широкий доступ к контенту Интернета. С помощью информационных технологий можно получить любую полезную информацию о предмете исследования, проблеме и путях ее решения, воспользовавшись материалами, размещенными на специальных сайтах, порталах, в электронных библиотеках. В распоряжении обучаемых блоги, твиттеры, форумы авторов известных и авторитетных печатных изданий, газет, журналов, а также информационно-новостные ролики крупнейших национальных и зарубежных каналов и теле и радиокомпаний, учебные аудио и видеокасты. При самостоятельной проработке материала использование компьютера обеспечивает: свободный режим работы; неограниченное время работы; исключение субъективных факторов; максимальную поддержку при овладении иностранным языком.

В процессе выполнения заданий с использованием возможностей Интернета на аудиторных занятиях обучающиеся решают реальные коммуникативные задачи, связанные с поиском информации под непосредственным управлением обучающего. В условиях ограниченного количества аудиторных часов по иностранному языку использование Интернет ресурсов дает новые возможности в области организации самостоятельной работы обучающихся, которые повышают эффективность учебной деятельности и улучшают результаты обучения в целом.

Компьютерные средства контроля также повышают эффективность самостоятельной работы, оперативность в получении результата, увеличивают объективность оценки на 20-25%.

Интеграции Интернет-технологий в учебный процесс по обучению иностранным языкам вносит изменения в управлении знаниями, поскольку функции преподавателя смещаются в консультационную сторону, в создание совместной творческой атмосферы, и усилении контролирующей функции. Все больше времени отводится на самостоятельную, индивидуальную работу обучаемого, в которой развиваются его творческие возможности, стимулируется интерес и мотивация к усвоению знаний и формированию компетенций. При организации самостоятельной работы обучающихся в методическом плане можно выделить несколько этапов:

- Определение цели и постановка конкретной задачи (четкое формулировка обучающимся задания);
- Умение выделить главное и второстепенное;
- Направление поиска информации (помощь обучающего);

- Отбор и фильтрация материала (обучающий определяет критерии отбора материала);

Анализ и обобщение собранного материала (обучающий развивает умение систематизировать полученный материал);

Изложение сути проблемы (обучающий развивает умение высказывать свое суждение, давать оценку).

Целенаправленное использование материалов сети Интернет на занятиях по иностранному языку позволяет эффективно решать ряд дидактических задач:

- совершенствовать навыки чтения;
- пополнять словарный запас лексикой современного иностранного языка;
- совершенствовать навыки монологического и диалогического высказывания при обсуждении материалов сети;
- формировать устойчивую мотивацию иноязычной деятельности в процессе обсуждения проблем.

Нельзя не отметить также тот факт, что использование интернет технологий способствует развитию субъект-субъектных отношений преподавателя и обучающихся, которые предполагают признание обучающегося основной ценностью образовательного процесса: преподаватель выступает как организатор учебной деятельности, в которой студент ведет самостоятельный поиск знаний. Обучающийся, используя свой субъектный опыт, сопоставляет его с общественно значимым опытом, что способствует активизации личностных функций последнего.

Суммируя вышесказанное, повторим еще раз, что использование информационных технологий делает процесс обучения иностранному языку не только эффективным с точки зрения достижения конечного результата – формирования коммуникативной и языковой компетенций, но и повышает личную мотивацию обучающегося к общению в онлайн пространстве, благодаря социальному присутствию в электронной среде.

Библиографический список

1. О.А. Прокофьева «Современные технологии обучения иностранным языкам с позиции преподавателя и студента ГБОУ СПО МО Ногинского политехнического техникума». Проблемы и перспективы развития образования: материалы III международной научной конференции (г. Пермь, январь 2013г.) – Пермь: Меркурий, 2013 –С. 25-28.

2. Н.В. Катахова «Роль электронной коммуникативной среды в обучении профессиональному иноязычному общению».62 Научно-техническая конференция. Сборник трудов. Часть 4. Проблемы высшего образования. Гу-

манитарные и экономические науки. М.: МГТУ МИРЭА, 2013.

3. Т.М. Гулая, Е.И. Лобанова, С.А. Романова и др. « Лингводидактический аспект обучения иностранным языкам с применением современных интернет технологий»: Коллективная монография. – М.: МЭСИ, 2013.

УДК 378.14

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ВУЗА И ПРЕДПРИЯТИЯ В РАЗРАБОТКЕ УЧЕБНЫХ ДИСЦИПЛИН СПЕЦИАЛЬНОСТИ В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЕМ ПОДГОТОВКИ КРЕАТИВНОГО СПЕЦИАЛИСТА.

Маслина Л.Я., ***МГТУ МИРЭА, Москва, Россия***

При переходе на новую образовательную модель, т.е. к системе бакалавр – магистр» ВУЗу дается практически полная свобода формирования магистерской программы. Однако, как отмечается [3], что без сотрудничества ВУЗа и работодателя невозможна разработка стандартов третьего поколения. Одним из важных направлений сотрудничества является совместное участие в формировании содержания учебных дисциплин специальности.

Продуктивное сотрудничество может быть организовано на базе совместной разработки содержания учебных дисциплин специальности в форме невербального логически структурированного учебного пособия (НЛСУП) по каждой из дисциплин специальности с последующим отображением межпредметных связей. Совместная разработка НЛСУП позволит реализовать технологию обучения, обеспечивающую подготовку креативного специалиста.

Креативная технология обучения (КТО), как и любая технология, требует наличия соответствующего инструмента. Таким инструментом в КТО является дидактический материал в виде НЛСУП по учебной дисциплине. Последовательность разработки представлена на рис. 1.

Разработка НЛСУП первоначально реализуется каждым преподавателем учебной дисциплины и далее совместной работой коллектива преподавателей и представителей заказчика. Коллективная работа обеспечивает оптимизацию содержания НЛСУП и необходимую корректировку.

Последовательность разработки дидактического материала в виде НЛСУП состоит в следующем:

• анализ содержания учебной дисциплины (УД) (определение основных взаимосвязанных разделов УД);

• составление логически структурированной схемы учебной дисциплины (ЛССУД);

• составление логически структурированных разделов ЛССУД;

• разработка невербального логически структурированного дидактического материала каждого подраздела разделов УД;

• весь материал оформляется в виде НЛСУП по учебной дисциплине.

Рис. 1. Схема разработки НЛСУП – инструмента КТО.

В качестве примера приводится разработанное НЛСУП по дисциплине «Радиотехнические системы» (см. сайт www.rntores.ru. Общество РНТОРЕС им. А.С.Попова, раздел КНИГИ).

Благодаря логической последовательности и наглядности содержания НЛСУП обеспечивается в дальнейшем возможность анализа и выявления межпредметных связей учебных дисциплин, которые отображаются сносками в соответствующих разделах. Это позволяет реализовать более глубокое совершенствование учебного предмета в процессе координации и интеграции с другими предметами специальности и оптимизировать структуру содержания образовательного процесса.

НЛСУП - информационный материал по учебной дисциплине, корректируемый и дополняемый в процессе разработки и обучения, а также обновляемый в соответствии с новейшими научно-техническими достижениями и в процессе обучения используется каждым студентом.

Основные методические приемы при реализации КТО с опорой на НЛСУП обеспечивают активное вхождение учащегося в пространство идей и понятий, подлежащих изучению. Для преподавателя – это переход от передачи знаний к созданию условий для активного познания. Для учащихся - переход от пассивного усвоения информации к активному ее по-

иску и осмыслению. В процессе обучения реализуется принцип индивидуального подхода при групповой форме обучения. Все это характеризует как инновационный тип обучения. В этом случае НЛСУП является инструментом КТО в процессе формирования креативной личности (рис.2).

Рис. 2. Схема процесса формирование креативной личности в ВУЗе.

Технология обучения с использованием НЛСУП позволяет организовать мотивированное обучение путем раскрепощения творческого начала, что обеспечивает образное восприятие содержания изучаемых разделов, осознание взаимосвязи разделов и последовательность их изучения.

Визуальное восприятие дидактического материала формирует рефлексию аудитории, являясь «мотивационной пружиной», заставляющей подняться на уровень мышления, благодаря чему обеспечивается возможность реализации креативной технологии обучения (КТО).

Основной составляющей КТО при всех видах учебных занятиях со студентами является включение мыслительного процесса (МП). Формирование и развитие МП реализуется активными методами обучения и эффективной организацией самостоятельной работы студентов.

Структурирование учебных дисциплин в результате коллективного сотрудничества участников учебного процесса и представителей предприятий в соответствующих областях науки и производства обеспечивает:

– систематизацию содержания учебных дисциплин;

– анализ и выстраивание межпредметных связей учебных дисциплин специальности;

– реализацию креативной технологии обучения (КТО);

– освобождение учащихся от рутинной деятельности (конспектирования, перерисовки и пр.);

– индивидуальный подход при групповой форме обучения;

– открытость учебного процесса;

– корректировку разработанного учебного пособия (НЛСУП), в соответствии с новейшими достижениями науки и техники;

– непрерывное повышение квалификации преподавателей в процессе участия в коллективной разработке НЛСУП и реализации креативной технологии обучения.

Все перечисленное позволяет определить структурирование учебных дисциплин как путь к самоорганизации системы образования в ВУЗе в соответствии с требованием подготовки креативного специалиста.

Библиографический список:

1. Основы компетентностно-ориентированного совершенствования курса физики в техническом вузе: монография / А.Ф. Ан, В.М. Соколов. – Владимир: Изд-во ВлГУ, 2014. – 232 с.

2. Роль собственных образовательных стандартов - формировать общую культуру вуза и задавать планку для выпускника / Качество образования, № 10, 2012. – С. 4–7.

3.Болонскому процессу в России быть! Или казаться? / Платное образование, № 1-2 (63-64), 2008. – С. 40–41.

4.Коргапин Е.А. и др. Высшее учебное заведение и промышленное предприятие: готовность к взаимодействию / Высшее образование в России, № 4/11, 2011. – С. 138-143.

УДК 378.147

О ФОРМИРОВАНИИ ВОСПРИЯТИЯ ЛОГИЧЕСКИ СТРУКТУРИРОВАННОГО УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ

Михайлов В.М., ***МГТУ МИРЭА, Москва, Россия***

Качественная подготовка и востребованность специалистов наукоемких отраслей определяется наличием у них глубоких знаний по всему спектру изучаемых дисциплин. Это трудно реализовать без соответствующей *структурно-методической* систематизации, как построения учебных курсов, так и процесса обучения. Учебные курсы должны иметь исчерпывающую и внятно воспринимаемую структуру с необходимым насыщением фактическим матери-алом всех её уровней. Методической составляющей предусматривается использование таких приемов и необходимой информации, которые обеспечат усвоение рассматриваемого материала. При этом следует отметить, что формированию необходимых

представлений по изучаемому предмету предшествует важнейший этап структурно-параметрического *восприятия* студентом функционально целостных и взаимосвязанных образов по изучаемому предмету.

Между тем, в практике обучения структурная часть учебного курса, обеспечивающая широту эрудиции будущего специалиста, не всегда им усваивается на необходимом уровне. Объясняется это тем, что её восприятие зависит в основном от инициативы и квалификации преподавателя и определяется его готовностью и умением выстраивать обратную связь «студент – преподаватель». При наличии таковой обеспечивается вовлечение аудитории в активное участие в процесс обучения, а также контролируется усвоение студентами учебного материала и одновременно оценивается результативность обучения. Если же при изучении, как общеобразовательных, так и специальных дисциплин, их структура недостаточно раскрывается на занятиях, то результат негативный.

Для понимания причины этого следует обратиться к психологии внутреннего позвательного процесса человека. Для него характерна структурность, неразрывность и реализация в определенной последовательности ряда этапов. К ним относятся: ***Ощущение, → Восприятие,→ Представление, → Память, → Мышление*** [1]. При значимости каждого из них ***Восприятие*** является ключевым, т.к. на данном этапе из отдельных ощущений формируется функциональная целостность (структурность) изучаемого объекта. Фактически это фундамент, наличие и качество которого определяет возможность и эффективность функционирования всех остальных этапов, а вследствие неразрывности и познавательного процесса в целом. В этой связи следует отметить ряд системообразующих факторов организации обучения [1, 2] :

– на этапе ***восприятия*** на основе отдельных ***ощущений*** определяется *целостный образ* анализируемых объектов, т.е. структура изучаемого материала**;**

– по своей сути ***восприятие*** во время обучения является *основным источником информационного обеспечения* формирования и корректуры ***представлений, памяти*** и ***мышления***, которые в свою очередь определяют последующие ***ощущения***, т.е. речь идет о заложенной в данную схему возможности обеспечения цикличности, непрерывности и сбалансированности процесса обучения (рис.1)**;**

– ***восприятие*** совместно с *мышлением* и *речью* в виде отдельных звеньев и при наличии контроля *внимания* составляют единый циклический процесс также и умственной деятельности (рис. 2).

Очевидно, что *формально выраженная* оценка ***восприятия*** является показателем качества организации и результативности обучения. И в распоряжении преподавателя должна быть и использоваться процедура выявления

уровня *восприятия* изучаемого материала (*воспринимается студентом анализируемый материал* или *нет,* если *да,* то на *каком уровне его сложности?*).

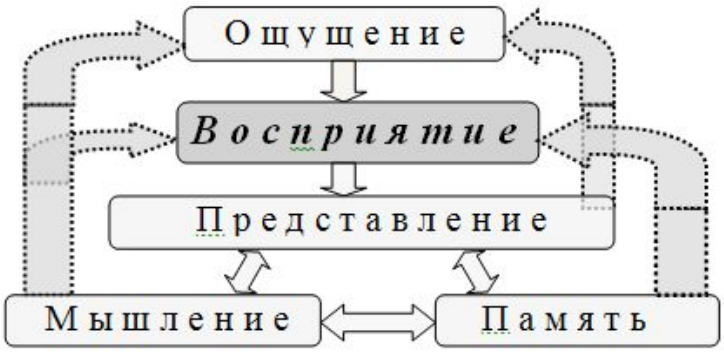


Рис.1. Схема организации внутренних познавательных процессов [2].

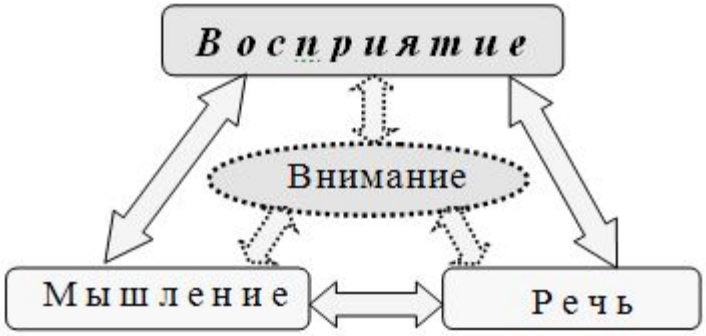


Рис. 2. Схема обеспечения цикличности процесса умственной деятельности под контролем внимания [2].

Сущность проявления данного этапа познавательного процесса применительно к обучению выражается в группе следующих определений [2, 3].

1. *Восприятие* учебного материала – это способность ученика определять**:**

а) *тематическую принадлежность* анализируемого материала**;**

б) *вид (тип) заданий* и *возможности применения теории***;**

в) *их параметры* и *структуру**;***

г) *состав* и *последовательность необходимых действий* по их выполнению.

2. *Формирование восприятия* происходит в четыре известных стадии обучения**:**

1) *ознакомление* с объектом анализа**;**

2) его *понимание***;**

3) *усвоение* (адаптация) нового материала на фоне ранее изученного

4) общее *закрепление* с использованием всего пройденного материала.

При этом следует отметить, что на каждой из стадий *восприятие* имеет четко выраженную функциональную специфику своего проявления, как при изучении теоретического материала, так и при его применении на практике (табл. 1).

Таблица 1

Стадии и особенности формирования *восприятия* при работе с учебным материалом.

Изучение теоретического материала	Стадии формирования восприятия	Работа с практическим материалом
Формирование внешнего образа рассматриваемого теоретического материала. Формулировка темы, теоремы, закона и узнавание соответствующих формул.	Ознакомление	Формирование внешнего образа заданий. Определение их тематической принадлежности и необходимых для выполнения теоретического материала.
Синтез внешнего и внутреннего образа анализируемого материала, определение структуры. Знание доказательств и основных свойств теорем, области и возможности их применения.	Понимание	Синтез внешнего и внутреннего образа задания, определение структуры. Оценка возможности использования теоретич. материала при составлении алгоритмов, математических моделей решения задач.
Формирование навыков распознавания и использования нового материала с ранее усвоенным при выполнении установочных заданий. Выявление и систематизация внутри- и межпредметных связей теории по теме.	Усвоение	Структурное обоснование решений задач с применением нового материала, выявление его внутри- и межредметных связей. Внесение индивидуальных дополнений в структурную схему теории по теме по результатам выполнения заданий.
Выработка навыков уверенного тематического ориентирования в пределах изученного материала. Уточнение *системы* внутри- и межпредметных связей.	Закрепление	Выработка навыков результативного применения усвоенного теоретического материала при выполнении практических заданий различных уровней сложности в пределах изученного материала.

3. У*ровень восприятия* является объективным показателем степени освоения учебного материала. В его основе способность ученика выделять структурные уровни и взаимосвязи, как в *теоретическом материале,* так и в *выполняемых заданиях*. В первом случае это актуально при изучении, как собственно теории, так и специальных дисциплин, когда в аудитории необходимо не только идентифицировать структуру изучаемого объекта,

например, по особенностям функционирования сложного технического оборудования, но и разобраться в специфике его действия на каждом иерархическом уровне. Примером этого является организация учебного процесса с опорой на логически структурированную схему предмета (ЛССП) с его разделами и подразделами, а также на невербальные логически структурированные учебные пособия (НЛСУП) [4].

Второй случай характерен для общеобразовательных дисциплин, когда после рассмотрения теории с выше отмеченными акцентами, решающим становится выделение логико-структурных уровней при рассмотрении практического материала. Это можно оценить количеством затрагиваемых в них теорем**,** законов или логических затруднений вкупе с учетом использования приоритетов теоретических положений при выполнении заданий. Сложность выполняемых заданий формально выражается в их многоступенчатом представлении (рис.3). Их решение при наличии одного подобного «затруднения» соответствует уровню сложности «I». В случае с 2-мя – уровню «II» и так до «V» уровня за решение более сложных заданий [2]. В отличие от этого традиционный одноуровневый (блоковый) подход к постановке практических заданий не дает в явном виде представлений об их структуре, что значительно увеличивает время, необходимое для освоения дидактического материала и в целом снижает качество обучения. Использование же многоуровневого способа позволяет осуществлять подготовку учащихся по предмету в полном соответствии с его потенциальными возможностями. Кроме этого предлагаемый подход организации учебного процесса позволяет сформировать более четкую содержательно-критериальную основу оценки качества обучения, основой которой является фиксация усваиваемых уровней сложности дидактического материала.

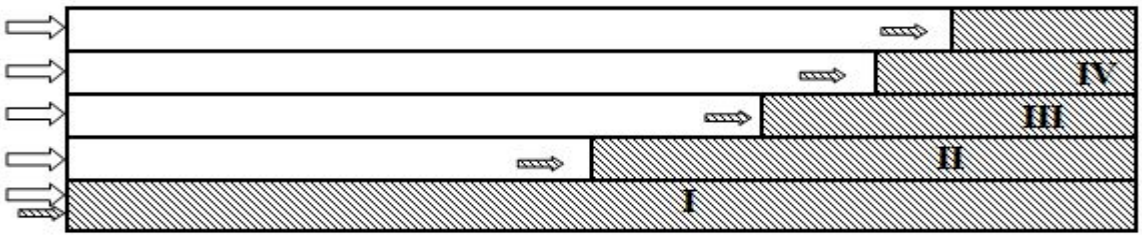


Рис. 3. Схема одно – (⇨) и многоуровневого (⇨ I ÷V) представлениясложности практических заданий.

Таким образом, учет рассмотренных особенностей внутренних познавательных процессов при обучении дает возможность выстраивать эффективную схему образовательного процесса. Отмеченный подход реализован на примере разработки НЛСУП и его использования в учебном процессе по предмету «Радиотехнические системы».

Библиографический список

1. Столяренко Л.Д. Основы психологии. Изд-во «Феникс». 2000, с.672.

2. Михайлов В.М. О необходимости и методических возможностях обеспечения результативности восприятия учебного материала // Вестник Вятского государственного гуманитарного университета. 2014. №11. С. 222-233.

3. Михайлов В.М. О значении учета структуры учебного материала для результативности физико-математического обучения . Сб. науч. работ, I-й Межд.научно-пр. конф. «Актуальные проблемы и перспективы развития радио-технических и инфокоммуникационных систем». Часть 2. «РАДИОИНФОКО М – 2013», с. 200 –203.

4. Маслина Л.Я., Мильчаков, Михайлов В.М., Танетова Н.П. Компонен-ты образовательного процесса (структурность, технологичность, интерак-тивность), обеспечивающие подготовку креативного специалиста в техничес-ком ВУЗе. Сборник научных работ, I-й Межд. научно-пр. конф. «Актуаль-ные проблемы и перспективы развития радиотехнических и инфокоммуника-ционных систем». Часть 2. «РАДИОИНФОКОМ – 2013», с. 192 –196.

УДК: 378.147

НЕФОРМАЛЬНЫЕ ЛИНГВИСТИЧЕСКИЕ СОКРАЩЕНИЯ, КАК СПОСОБ ВЕРБАЛЬНОГО КОММУНИКАТИВНОГО ОБЩЕНИЯ

Петрова Л.И., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

На сегодняшний день английский язык завоевал статус общего языка (лингва франка) эры глобальных сетей, новой экономики и Интернета. В 21 веке он доминирует в области политики, экономики, прессы, рекламы, радио, кино и развлекательной музыки, путешествий, безопасности, системы коммуникации, науки и образования. Все более ускоряющиеся процессы глобализации требуют от профессиональных кадров, в особенности технических специальностей высокого уровеня, владения иностранным языком, как для изучения специальной литературы, так и, что наиболее важно, для поддержания соответствующего уровня технической осведомленности в процессе живого общения с коллегами со всего мира. В данном контексте особую значимость приобретает развитие у студентов технических специальностей коммуникативной компетенции, которая предполагает владение лингвистической компетенцией, знание сведений о языке, наличие умений соотносить языковые средства с задачами и условиями общения, понимание отношений между коммуникантами, умение органи-

зовывать речевое общение с учетом социальных норм поведения и целесообразности высказывания[8]. Одной из основных составляющих коммуникативной компетенции является социолингвистическая компетенция – владение набором языковых средств и способность осуществлять их выбор в зависимости от ситуации и контекста, в котором протекает общение, а также от общепринятых правил использования языка, соответствующих традициям определенного социума. Исходя из данного определения, становится очевидной необходимость изучения и своевременного использования в процессе коммуникации различных стилей речи.

Общепринятой обобщенной классификацией стилей речи является их разделение на три категории: нейтральный стиль, разговорный и книжный. Термин «нейтральный стиль» используется, главным образом, для обозначения основы реализации особенностей стилистически окрашенных элементов. Для нейтрального стиля характерно отсутствие стилистической окраски и высокая вероятность употребления в любой коммуникативной ситуации. Это намеренно упрощенный стиль.

В процессе повседневного (неформального) общения используется в основном разговорный стиль. Книжный стиль, в свою очередь, соответствует публичной (формальной, официальной) речи. Данная классификация не совпадает с разделением на устную и письменную речь, так как разговорный стиль может использоваться и в художественной литературе, а некоторые виды книжного стиля, например, ораторский, существуют только в устной форме.

Однако обратимся к понятию «лексика». Лексика любого языка делится на литературную и нелитературную. К литературной относятся: книжные слова, стандартные разговорные слова, нейтральные слова Данный тип лексики употребляется либо в литературе, либо в устной речи в официальной обстановке. Официальная лексика это официальная терминология, книжные выражения, исключающие двоякое толкование, описывающее все однозначно и точно. Такая речь всегда воспринимается как корректная, этичная, с ее помощью всё четко и стилистически нейтрально выражается. Такой речью обязаны владеть учителя, юристы, дипломаты, врачи, бизнесмены, инженеры. [9]

Нелитературная лексика является повседневным языком, который люди используют в процессе неформального общения. Он может содержать и официальные слова, и просторечные неформальные обороты. Повседневная лексика окрашена больше чем формальная, но она не содержит

---

[8] Гез Н.И., Фролова Г.М. История зарубежной методики преподавания иностранных языков/М.: Издательский центр «Академия», 2008. – С. 181

[9] Береговская Э.М. Молодежный сленг: формирование и функционирование // Вопросы языковедения, 2002. – 354с.

оскорбительного окраса и всем является доступной и понятной. Нейтральная лексика, межстилевая общеупотребительная лексика, не связанная с определёнными функциональными разновидностями (стилями) языка и не имеющая экспрессивной окраски. Нейтральная лексика противостоит лексике, закреплённой за теми или иными стилями, и лексике экспрессивно окрашенной. Выражение эмоции в большинстве случаев экспрессивно. Значит, между экспрессией и эмоциональностью слова нельзя провести резкой границы. Большое значение для определения экспрессивно-эмоциональной окраски в слове имеет интонация. Эмоциональная окраска слова не сливается с его значением. Таким образом, язык служит не только для выражения мыслей людей, но и для выражения их чувств, переживаний, воли. Нейтральной оказывается лексика, употребительная во всех сферах общения и жанрах, которая не привносит в них стилистических оттенков и не обладает эмоционально-экспрессивной оценочностью.[10]

На общем фоне лексики межстилевой, нейтральной в экспрессивно-стилистическом отношении, резко выделяется так называемая разговорная лексика. Она является одной из основных частей лексико-семантической системы функционального разговорного стиля речи. В состав этой системы входят следующие лексические группы:

1) разговорные слова, то есть литературно-разговорные и обиходно-разговорные, или разговорно-бытовые. Эти слои образуют лексику относительно неограниченного употребления;

2) разговорные слова с некоторым ограничением сферы употребления, такие как обиходно-бытовое просторечие, разговорно-терминологические; разговорно-профессиональные, или разговорно-жаргонные;

3) разговорные слова с явным ограничением сферы употребления это узко диалектные, арготические и грубо просторечные слова.[11]

Первая лексическая группа составляет собственно стилевой центр разговорной речи, является разновидностью литературного языка, имеет свои, функционально обусловленные нормы. Вторая группа находится как бы на периферии литературного употребления, хотя в целом не выходит за его пределы. Третья группа образует уже так называемую внелитературную разговорную лексику, хотя, подобные лексические средства используются в устной форме общения, постольку и они могут быть рассмотрены при характеристике общей лексической системы разговорных стилей речи.

Начало 21 века характеризуется значительными переменами в лингвистике, новыми направлениями в изучении языка, существенным обновлением

---

[10] Никольский Л.Б. Трансмиссия культуры и ее лингвистические последствия. Язык как средство трансляции культуры. М., 2000. С 151

[11] Никольский Л.Б. Трансмиссия культуры и ее лингвистические последствия. Язык как средство трансляции культуры. М., 2000. С 152

филологической проблематики в целом. Появление в лингвистике новых парадигм научного знания приводит к выделению новых реальностей языка и к возможности увидеть известные явления в ином свете и объяснить их .[12] Таким образом, наряду с лингвистическими исследованиями, ориентированными на изучение кодифицированного литературного языка, через призму которого рассматриваются характерные языковые явления, лингвистика все чаще обращается к объяснению процессов, происходящих в системе реального, живого, "естественного" языка общения, к изучению маргинальных явлений, официально стоящих вне принятых, традиционных канонов, однако активно используемых в различных сферах функционирования языка, и при определенных условиях переходящих в стандарт, таким образом, изменяя существующее на данный момент понимание языковой нормы. К таким явлениям относится сленг, который настойчиво проникает в литературный американский английский, меняет привычную трактовку нормы и нарушения нормы в языке, значительно влияет на системный характер современного как американского английского, так и британского языка, становится источником пополнения обширной подсистемы общенациональной неформальной лексики.

В языке современной американской литературы, американских фильмов, в журналистике не только наметилась тенденция к толерантности по отношению к неформальной лексике, но заметно стремление как можно чаще использовать энергичный, выразительный, неформальной вокабуляр, уходящий корнями в сленг.

Сленговые выражения продолжают регистрироваться в современных словарях сленга, где указывается о переходе их в стандарт (см. J. Lighter. Random House Historical Dictionary of American Slang (1994): now S.E. -Standard English), и наряду с этим также внесены в словари нормативного языка, где имеют особую помету о неформальном характере (см. Oxford Advanced Learner's Dictionary. OUP 2000: informal). В связи с этим изучение клишированных фраз и высказываний, имеющие неформальный характер является неотъемлемой частью развития социолингвистической компетенции у студентов как языковых так и технических специальностей.

В лингвистике отсутствует четкое определение сленга. Российское языкознание чаще всего ориентируется на определение В.А. Хомякова: «Сленг - это относительно устойчивый для определенного периода, широко употребительный, стилистически маркированный (сниженный) лексический пласт (имена существительные, прилагательные и глаголы, обозначающие бытовые явления, предметы, процессы и признаки), компонент экспрессивного просторечия, входящего в литературный язык, весьма неоднородный по своим истокам, степени приближения к лите-

[12] Блох М. Я. Проблема понятий концепта и картины мира в философии языка // Преподаватель. XXI век. 2007. № 1. С. 101—105

ратурному стандарту, обладающий пейоративной экспрессией»[13] . Однако совсем иная трактовка предлагается в «Словаре лингвистических терминов» О.С. Ахмановой: Сленг - 1. Разговорный вариант профессиональной речи. 2. Элементы разговорного варианта той или иной профессиональной или социальной группы, которые, проникая в литературный язык или вообще в речь людей, не имеющих прямого тношения к данной группе лиц, приобретают в этих языках особую эмоционально-экспрессивную окраску[14] .

В рамках данной статьи мы рассмотрим наиболее общеупотребимые формы неформальных сокращений, которые по сути своей не являются сленгом, но является очень разговорными и допустимыми только в неформальной обстановке. В конце 20-го- начале 21 вв. в американском варианте английского языка наблюдается настоящий бум сокращений, разного рода усечений. Процессы сокращения в неформальной лексике реализуются в разнообразных видах: имеются инициализмы и акронимы, усечения и гибридные сращения - бленды; наряду с подлинным сокращением имеет место создание квазиблендов, искусственно созданных слов, имитирующих телескопию. Аббревиатуры иногда скрывают вульгарный, неприличный элемент, который забывается в сокращенной форме, теряет эффект непристойности и становится лишь показателем разговорного неформального стиля общения, спектр экспрессивности включает шутливо-добродушные оттенки и иронически-уничижительные характеристики, каламбурная экспрессия усиливает данный эффект.

В приведенной ниже таблице собраны наиболее часто употребляемые в неформальной речи сокращения. В данном контексте говорится именно об устной речи.

Несокращенная форма	Сокращенная форма	Пример
am not / are not / is not	ain't	I ain't sure. Я не уверен. You ain't my boss. Ты мне не начальник.
has not / have not	ain't	I ain't done it. Я этого не делал.

[13] Хомяков В.А. Нестандартная лексика в структуре английского языка национального периода. Автореф. докт. Дис. ... канд. филол. наук. – Л., 1985. – 43-44с.

[14] Ахманова О.С. Словарь лингвистических терминов. – М.: Советская энциклопедия, 1966. – 419с.

		She ain't finished yet. Она еще не закончила.
give me	gimme	Gimme your money. Давай деньги. Don't gimme that rubbish. Не неси такой ерунды. Can you gimme a hand? Можешь помочь? Don't gimme that pen. Не давай мне ту ручку
going to	gonna	Nothing's gonna change my love for you. Ничто не повлияет на то, как я тебя люблю. I'm not gonna tell you. Я тебе не расскажу. What are you gonna do? Что ты будешь делать? I'm gonna call my friend on thephone Я собираюсь позвонить своему другу
(have) got a	gotta	I've gotta gun. = I gotta gun. У меня есть оружие. She hasn't gotta penny. У нее нет ни цента. Have you gotta car? У тебя есть машина?
(have) got to	gotta	I've gotta go now. = I gotta go now. Мне пора идти. We haven't gotta do that. Мы не обязаны этого делать. Have they gotta work? Им нужно работать?
I'm going to/ I will	Ima	Ima vote for the president thisyear. Я собираюсь голосовать за президента в этом году Ima stay home today. Я останусь дома сегодня
isn't it	init	That's smart, init? Это разумно, не так ли? Init strange? Не странно ли?
kind of	kinda	She's kinda cute. Она вроде ничего.
let me	lemme	Lemme go! Отпусти меня! He didn't lemme see it. Он не дал мне увидеть это.
out of	outta	I’m now running outta time У меня совсем нет времени I’m outta luck today Мне сегодня не везет

probably	Proly	I proly have to make another video later. Возможно мне придется сделать еще одно видео позже You proly won't even like this video. Возможно тебе это видео не понравится
want to	wanna	I wanna go home. Я хочу пойти домой. I don't wanna go. Я не хочу уходить Do you wanna watch TV? Вы хотите посмотреть телевизор? I wanna go to the store later Чуть позже я пойду в магазин
want a	wanna	I wanna coffee. Я хочу кофе.
what are you	whatcha	Whatcha going to do? Что ты будешь делать?
what have you	whatcha	Whatcha got there? Что у тебя там?
you	ya	Who saw ya? Кто тебя видел?

Особо следует подчеркнуть, что данные неформальные сокращения не следует использовать в официальной речи и в письменной форме. Однако при повседневном общении знание данных выражений поможет лучше понимать собеседника. Явление неформальной лексики как современный феномен существования американского английского, который оказывает большое влияние на другие варианты английского, а также на становление стандарта международного общения (World Standard English).

Современный американский вариант английского языка характеризуется высоким процентом неформальной лексики, используемой в разнообразных жанрах и стилях. С учетом развития технического прогресса для студентов технических специальностей необходимо формирование социолингвистической компетенции, включающей в себя навыки неформального общения с использованием сленга и общепринятых сокращений. Литературный язык используется именно при официальных процедурах, происходящих на научных конференциях и в университетах, так как в неофициальном общении в стенах этих заведений речевой репертуар участников акта речи значительно меняется в сторону неформальности.

В настоящее время в английском активизировались процессы либерализации языка; разговорная речь бурно насыщается словами и выражениями, традиционно и лексикографически относимыми к неформальной лексике. Разнообразные социальные процессы, происходящие в обществе, изменения внутри сообществ, действующих в пределах единого коллектива говорящих

на данном языке, а также их взаимодействие между собой, все это отражается на состоянии языка, преобразует сферу вербального репертуара обычного носителя языка, влияет на стилистическое перераспределение лексического состава языка, меняет отношение к социальным языковым маркерам. Современная американская речь характеризуется высокой степенью раскованности, раскрепощенности, активным слово изобретательством, стремлением к свежей выразительности, усилением оценочного аспекта, нарочитым акцентированием смены ценностей, обновлением привычного репертуара языковых средств, сложившегося в определенных речевых жанрах, использованием различных способов и приемов вербально-коммуникативного творчества, детабуизацией ряда понятий и иронической эвфемизацией других. Стереотипными в данном случае являются высказывания о нарушениях нормы в современной американской речи; правильно, однако, рассматривать этот процесс как отражающий происходящие в языке изменения, как эволюцию речевого стандарта. Данная тенденция находится в соответствии со всем ходом общественного развития, определяется переменами в социокультурных сферах, обусловливается усилением роли СМИ в системе этнической коммуникации. Складывается новая современная норма, основывающаяся на общепринятой в данном языковом коллективе на данном отрезке времени речевой практике, одновременно закрепляющая традиционные реализации системы и отражающая живые явления речевого творчества, активные процессы, происходящие в ней. Студенты, как будущие профессиональные сотрудники и научная элита нашей страны, должны овладеть коммуникативной компетенцией, что позволит им свободно использовать информационные мировые ресурсы и вносить свой вклад в технический прогресс.

Библиографический список

1. Гез Н.И., Фролова Г.М. История зарубежной методики преподавания иностранных языков/М.: Издательский центр «Академия», 2008. – С. 181
2. Береговская Э.М. Молодежный сленг: формирование и функционирование. Вопросы языковедения, 2002. – 354с.
3. Никольский Л.Б. Трансмиссия культуры и ее лингвистические последствия. Язык как средство трансляции культуры. М., 2000. С 151-155
4. Блох М. Я. Проблема понятий концепта и картины мира в философии языка // Преподаватель. XXI век. 2007. № 1. С. 101—105
5. Хомяков В.А. Нестандартная лексика в структуре английского языка национального периода. Автореф. докт. Дис. ... канд. филол. наук. – Л., 1985. – 43-44 с.
6. Ахманова О.С. Словарь лингвистических терминов. – М.: Советская энциклопедия, 1966. – 419 с.

УДК: 378.147

ИНОЯЗЫЧНЫЙ КОМПЕТЕНТНОСТНЫЙ ПОДХОД, КАК СПОСОБ ПОСТРОЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОГО ПРОЦЕССА ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБУЧЕНИЯ ИНОСТРАННЫМ ЯЗЫКАМ В ТЕХНИЧЕСКИХ ВУЗАХ.

Петрова Л.И., Карлина Н.Е., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

На фоне ускорившейся интеграции РФ в общемировые глобализационные процессы в научно-техническом сообществе возросли требования к языковой компетенции современных специалистов технических областей. С одной стороны, эти требования обусловлены тем, что большинство носителей профессионального знания рассредоточено по всему миру, и для профессиональной коммуникации используются наиболее распространённые международные языки, в частности английский. С другой стороны, специалисты предприятий, сотрудничающих с партнерами из других стран, так же активно пользуются своими коммуникативными навыками в профессиональной деятельности. Именно поэтому коммуникативная иноязычная компетенция является одним из важнейших факторов при приеме молодых специалистов на работу и для их дальнейшего профессионального развития на предприятиях.

Ранее выпускники неязыковых высших учебных заведений, как правило, не обладали достаточными иноязычными коммуникативными компетенциями для общения. Они зачастую оказывались не в состоянии вести беседу с зарубежными коллегами и испытывали значительные трудности при понимании и анализе информационных источников на иностранном языке.

Государственным образовательным стандартом определяется требование к уровню подготовки квалифицированного специалиста, обладающего целым рядом компетенций, позволяющих эффективно осуществлять профессиональную деятельность и коммуникацию, в том числе в иноязычной среде. В контексте новых требований к обучению иностранным языкам особую актуальность приобретает профессионально-ориентированный подход к иноязычному образованию для студентов неязыковых вузов, который предусматривает формирование у них способности к иноязычному общению в конкретных профессиональных, деловых, научных сферах и ситуациях с учетом особенностей профессионального мышления.

Многие неудачи в обучении иностранным языкам объясняются простой причиной - отсутствием у абитуриентов базовых лингвистических знаний. Ввиду известного дефицита времени, отводимого на изучение иностранного языка, в течение многих лет предпринимались попытки применения интенсивных методов обучения, но это не приводило к высоким результатам: студенты так и не овладевали иностранным языком на должном уровне.

Однако, в последнее время в качестве способа построения эффективного процесса профессионального обучения в неязыковых вузах применяется компетентностный подход. По своему педагогическому содержанию понятие «компетентность» относится к центральным понятиям и включает в себя результаты обучения: знания, умения, навыки, а также ценностную ориентацию.

Таким образом, в современных условиях курс иностранного языка в техническом вузе следует рассматривать как многоаспектный и комплексный образовательный продукт с чёткой профессиональной направленностью, предполагающий формирование профессиональной иноязычной компетенции, позволяющей современному специалисту:

- читать тексты профессионального характера, извлекать и обрабатывать в соответствии с поставленной целью информацию из печатных и электронных источников информации, используя навыки просмотрового, поискового, ознакомительного и изучающего чтения;
- воспринимать на слух сообщения профессиональной тематики и вычленять информацию в соответствии с коммуникативной задачей;
- выражать свои мысли в виде устных и письменных текстов, демонстрируя знание грамматики и владение специальной терминологией;
- вести диалог аргументативного типа: задавать вопросы уточняющего и полемического характера, дополнять и уточнять ту или иную точку зрения, поддерживать или опровергать доводы собеседника, демонстрируя при этом владение речевым этикетом общения в самых разнообразных ситуациях;
- делать сообщения или доклады на заданную тему: представлять структурированное изложение темы, выделять обсуждаемую проблему, рассматривать разные её аспекты, излагать и аргументировать свою позицию;
- высказываться по теме: кратко и логично обосновывать свою позицию, приводить примеры, резюмировать результаты дискуссии;
- конспектировать устный и письменный текст в зависимости от планируемой на выходе речевой продукции (краткое сообщение, комментарий, реферат).

Овладение вышеперечисленными компетенциями позволяет использовать иностранный язык как средство межкультурной коммуникации в ситуациях повседневной, социально-культурной и профессиональной сфер общения, как инструмент поиска и анализа иностранных источников информации, как средство, позволяющее решать профессиональные задачи во всех видах речевой деятельности с учётом исторических, культурных, социальных, политических и психологических особенностей иностранных партнёров.

Следовательно, когда мы говорим о результативности иноязычного об-

разования, мы, прежде всего, подразумеваем формирование иноязычной коммуникативной компетенции. По мнению известных дидактов Н.Д. Гальской и Н.И. Гез, «коммуникативные компетенции есть способность человека понимать и порождать иноязычные высказывания в разнообразных социально детерминированных ситуациях с учетом лингвистических и социальных правил, которых придерживаются носители языка». В рамках подготовки специалистов для наукоемких отраслей в МГТУ МИРЭА профессиональное общение является основой при формировании иноязычных коммуникативных компетенций на занятиях по иностранным языкам. Мы понимаем, что для успешной реализации профессионального общения, необходимо владение иноязычной профессиональной компетенцией, которая и будет одной из составляющих, обеспечивающих способность к успешной профессиональной деятельности. Профессиональное общение, как и профессиональная деятельность, требует от современных специалистов не только владения общим объемом знаний - технических, естественнонаучных, гуманитарных, но и умения мыслить глобально и критически, чтобы быть востребованным мировым сообществом. Значит, в рамках высшего образования должна быть поставлена и реализована задача развития личностных качеств обучающегося, как наиболее значимых для будущих специалистов. Помимо информационного насыщения будущего специалиста система высшего образования в настоящее время нацелена на развитие личности, профессионального мировоззрения и менталитета выпускника, его мотивации к профессиональной деятельности и способности самостоятельно овладевать новыми знаниями, развивать иноязычную коммуникативную компетенцию для того, чтобы стать конкурентноспособным на рыке труда в глобальном экономическом обществе.

Для выполнения главной образовательной цели – формирование конкурентоспособного выпускника, принцип профессионально-ориентированного обучения должен быть положен в основу моделирования учебного процесса по иностранному языку. При выборе соответствующей технологии обучения в процессе формирования вышеобозначенных компетенций можно достичь необходимого максимального приближения учебного процесса к непосредственной профессиональной деятельности или ее имитации. Использование активных групповых форм создают оптимальные условия для взаимодействия участников этих групп, проявления личностной позиции по отношению к рассматриваемой проблеме. Приведем примеры некоторых методов, используемых при обучении иностранному языку при реализации принципа профессионально-ориентированного подхода и относящихся к условиям, которые приближают учебную ситуацию к реалиям профессиональной деятельности. Проектный метод как совокупность учебно-познавательных приемов, позволяющих решать проблемы в результате самостоятельных действий обучающихся с обязательным представлением результатов деятельности. Деловая игра, кото-

рая способствует приближению к ситуации реального общения, имитации ролей профессиональной деятельности.

Подводя итог сказанному, мы заключаем, что компетентностный подход при моделировании иноязычного образования для студентов неязыковых вузов является необходимым условием эффективности профессионально ориентированного образовательного процесса. Возможности применения данного подхода в иноязычном образовании открывает широкие перспективы для организации самостоятельной работы обучающихся, способствует активизации их познавательной деятельности, развитию личности и готовности к самостоятельному преодолению барьеров, возникающих в процессе профессионального общения.

Библиографический список:

1. Гальскова Н.Д. , Гез Н.И. Теория обучения иностранным языкам: Лигнводидактика и методика. М.: Академия. 2005. 336 с.

2. Катахова Н.В., Мищенко Н.А, Чернова Н.И. «Совершенствование лингвистической подготовки инженерных кадров как фактор обеспечения качества их профессионального образования» 58 Научно-техническая конференция. Сборник трудов. Проблема высшего образования. Часть 5. МИРЭА, М.: 2009 с. 121-126.

УДК: 378.147

РОЛЬ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ИНОСТРАННЫМ ЯЗЫКАМ СТУДЕНТОВ ВЕЧЕРНЕГО ОТДЕЛЕНИЯ ПРИ ПЕРЕХОДЕ НА УРОВНЕВУЮ СИСТЕМУ ОБУЧЕНИЯ

Рыбакова М.В., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

В условиях быстро меняющегося общества существенно расширяются масштабы межкультурного взаимодействия, в связи с этим особую важность приобретает фактор коммуникативности и толерантности. Формирование современного мышления у молодого поколения, готовности к получению современного высшего профессионального образования – цель образовательной политики государства. В рамках новых международных образовательных стандартов и, в частности, перехода на уровневую систему обучения обязательным требованием становится массовое владение как разговорным, так и профессиональным иностранным языком.

С другой стороны, образование должно быть сориентировано не только и не столько на усвоение студентами определенной суммы знаний, сколько на

развитие самостоятельности, личной ответственности, созидательных способностей и качеств личности, включая умения и стремление учиться, действовать, познавать и эффективно трудиться в современных экономических условиях. При этом особое внимание придается активности личности в обучении. [1]

Активность студента в обучении – это свойство личности, которое формируется в процессе развивающего обучения и проявляется в стремлении личности к непрерывному интеллектуальному развитию. Задача преподавателя – воспитать у студента способность самостоятельно мыслить. Самостоятельность формируется и развивается только в процессе активной деятельности самого обучаемого.

Новое современное качество высшего образования предполагает формирование новой системы универсальных знаний, умений, навыков, а также опыта самостоятельной деятельности и личной ответственности, т.е. ключевых компетенций обучающихся.

Федеральные государственные образовательные стандарты в качестве обязательных требований к основным образовательным программам (ООП) нового поколения определили ориентацию на результаты обучения, выраженные в форме компетенций, а также учет трудоемкости ООП и ее компонентов в зачетных единицах. Количество зачетных единиц включает в себя аудиторную работу, самостоятельную работу и текущий контроль успеваемости.

Самостоятельная работа студентов – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа, выполняемая во внеаудиторное (аудиторное) время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.[2]

Самостоятельная работа студентов способствует развитию самостоятельности, ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровня.

К основным требованиям и оптимальным условиям организации самостоятельной работы студентов можно отнести:

- готовность студентов к самостоятельному труду; мотив к получению знаний;

- наличие и доступность всего необходимого учебно-методического и справочного материала;

- система регулярного контроля качества выполненной самостоятельной работы; консультационная помощь.

При этом контроль самостоятельной работы студентов не должен быть самоцелью для преподавателя, а, прежде всего, стать мотивирующим фактором образовательной деятельности студентов.

При уровневой системе обучения в рамках бакалавриата студенты вечернего отделения испытывают острый дефицит аудиторных занятий по иностранным языкам. Большую часть знаний студентам приходится усваивать самостоя-

тельно, так как на долю самостоятельной работы приходится более 80% времени, отводимого на изучение дисциплины «Иностранный язык». Поэтому как никогда актуальной является задача научить студентов самостоятельно выполнять задания в рамках учебного плана. Выполнение этой задачи возможно лишь при высоком уровне развития активности и самостоятельности студентов.

Учитывая эту специфику обучения на вечернем отделении, следует помнить, что аудиторные занятия по иностранным языкам носят направляющий характер и подготавливают студента к основной форме его учебы – самостоятельным занятиям.

Педагогической наукой доказано, что формирование и развитие активности и самостоятельности в познавательной деятельности обязательно связано с мотивом, с осознанным побуждением, которое и обуславливает целенаправленную деятельность. Мощным стимулом положительной мотивации является осознание обучаемым важности полученных знаний для своей будущей профессии. Это вызывает у студентов естественное стремление искать в изучении предмета то, что можно использовать в своей практической работе. Профессиональная направленность обучения является одним из самых важных условий активизации учебной деятельности студентов по иностранным языкам. Поэтому вполне оправданным является включение в курс иностранного языка элементов делового и профессионального общения.

Наибольшие трудности при изучении иностранных языков студенты-вечерники испытывают при чтении и переводе общетехнических текстов. Как известно, особенностью предмета «Иностранный язык» является не столько знание о языке, сколько выработка определенных навыков и умений в разных видах речевой деятельности. В соответствии с теорией деятельности научить обучаемого можно лишь в ходе выполнения этой деятельности. Из этого следует, что при обучении иностранным языкам необходимо организовать самостоятельные действия обучаемых в том виде речевой деятельности, которому их обучают.

В процессе обучения чтению возникает масса трудностей для студентов, имеющих недостаточную языковую подготовку. Чтение вслух представляет собой проблему из-за нехватки произносительных навыков, знаний правил и особенностей чтения, практики в этом виде речевой деятельности. Перевод общетехнических текстов, например, с английского языка, вызывает сложности при незнании правил словообразования, перевода «цепочек» существительных, передаче терминов на русский язык и др. Преподаватель должен нацеливать студентов на преодоление этих трудностей в процессе самостоятельной работы при подготовке к зачету или экзамену.

Выполнение письменных упражнений нацелено на повторение и усвоение грамматических категорий иностранного языка. Эти задания также представляют определенные трудности для большинства студентов

вечернего отделения. Во время аудиторных занятий преподаватель должен вооружить студентов методами самостоятельной работы по выполнению грамматических упражнений: объяснить, как пользоваться грамматическими пособиями и справочниками, как организовать самопроверку с помощью тестов, на каком этапе целесообразно закрепить грамматические навыки с помощью контрольных работ и т.д.

В процессе самостоятельной работы студентов особое внимание уделяется умению пользоваться учебной и справочной литературой по данному предмету, так как этот вид деятельности предполагает работу с учебниками, учебными и методическими пособиями (как на бумажных, так и на электронных носителях). Важно не только предложить студентам учебную литературу по иностранным языкам, но и научить пользоваться ей при выполнении различных заданий учебного характера.

Итак, организуя самостоятельную работу студентов-вечерников, преподаватель знакомит их с системой форм и методов обучения иностранным языкам, научной организацией труда, методикой самостоятельной работы, критериями оценки качества выполняемой работы; с целями, средствами, трудоемкостью, сроками выполнения, формами контроля и самоконтроля.

Библиографический список

1. Сластенин В.А. Основные тенденции развития современной образовательной политики в Российской Федерации. // Педагогическое образование и наука. – 2005 - № 3. С. 20-28.

2. Темнова Л.В. Принципы организации самостоятельной работы студентов при переходе на уровневую систему обучения. // Социология и образование. – 2012 - №6. С. 65-75.

УДК 378.2

КОМПЕТЕНТНОСТНАЯ ПАРАДИГМА К ИССЛЕДОВАНИЮ ПРОБЛЕМ ПРОФЕССИОНАЛЬНО ПОДГОТОВКИ ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ КАДРОВ ДЛЯ ИННОВАЦИОННЫХ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ ОТРАСЛЕЙ

Томашевская В.С, Тотоонова Ф.М. , Цуникова Т.Г.,
МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Рассмотрен вопрос о *профессионализме современных инженерных кадров в теории и практике отечественного и зарубежного профессионального образования, который неизменно связывается со стержневым*

показателем уровня квалификации современного бакалавра - его профессиональной компетентности как готовности к деятельности» или как «способности к деятельности.

The article provides the question about the professionalism of modern engineering personnel in the theory and practice of domestic and foreign professional education, which invariably associated with a rod to the skill level of the modern bachelor - his professional competence as preparedness activities or as the ability to work.

Keywords: translation of professional values and technology, competence paradigm professional pedagogical competence

Компетентностная парадигма к исследованию проблем профессионально подготовки высококвалифицированных кадров для инновационных высокотехнологичных отраслей - это совокупность теоретико-методологических положений и организационно педагогических мер, направленных на создание условий по освоению и трансляции профессиональных ценностей и технологий, обеспечивающих творческую самореализацию личности в профессиональной деятельности.

Структурно состоящая из совокупности компетенций (уровня нормы подготовленности) компетентность рассматривается как уже сформированные у специалиста профессионально значимые личностные качества, основанные на знаниях, умениях, навыках владения способами профессиональной деятельности. Вопрос о *профессионализме современных инженерных кадров в теории и практике отечественного и зарубежного профессионального образования неизменно связывается со стержневым показателем уровня квалификации современного специалиста* - его профессиональной компетентности, которую в основном понимают как «готовность к деятельности» или как «способность к деятельности».

Инженер, решая профессиональные задачи, работает в постоянно меняющихся обстоятельствах. Ему приходится реализовывать в своей работе нестандартные подходы и приемы, поэтому его профессиональный рост зависит не только от психолого-педагогической осведомленности, строго соблюдения принятых эталонов и технических стандартов, а также *от мобильности и гибкости.*

Сегодня уже можно утверждать, что *модель компетентностной парадигмы концептуально сформулирована и представляет методологическую основу инновационного профессионального образования.* Такая парадигма предполагает не просто трансляцию знаний, умений и навыков от преподавателя к студенту, но формирование у будущих выпускников профессиональной компетентности в широком смысле, а также предполагает пересмотр на инновационной основе общих принципов определения целей

образования, отбора содержания образования, организации образовательного процесса и оценки образовательных результатов.

Таким образом компетентностная парадигма базируется на следующих постулатах:

1) смысл образования заключается в развитии способности обучаемых решать профессиональные проблемы в различных сферах деятельности на основе использования социального опыта, элементом которого является собственный опыт обучаемых;

2) в образовательном процессе необходимо создавать условия приобретения опыта самостоятельного решения познавательных, коммуникативных, организационных, нравственных и иных проблем, составляющих содержание образования.

Компетентностная парадигма во всех своих смыслах и аспектах наиболее глубоко отражает основные аспекты процесса модернизации. Именно в рамках этой инновационной установки утверждается, что:

•компетентностная парадигма дает ответы на запросы производственной сферы (Т.М. Ковалева);

- компетентностная парадигма проявляется как обновление содержания образования в ответ на изменяющуюся социально-экономическую реальность (И.Д. Фрумин);
- компетентностная парадигма как обобщенное условие способности человека эффективно действовать за пределами учебных сюжетов и учебных ситуаций (В.А. Болотов);
- компетентность представляется радикальным средством модернизации (Б.Д. Эльконин);
- компетентность характеризуется возможностью переноса способности в условия, отличные от тех. в которых эта компетентность изначально возникла (В.В. Башев);
- компетентность определяется, как «готовность специалиста включиться в определенную деятельность» (А.М. Аронов) или как атрибут подготовки к будущей профессиональной деятельности (П.Г. Щедровицкий).

Между тем, существует ряд проблем в системе общего и профессионального образования, которые, формально не затрагивая сущность и структуру компетентностной парадигмы, очевидным образом влияют на возможности его применения. Среди них:

(1) проблема учебных ресурсов, в том числе, возможности их адаптации с учетом современных гуманистических идей в образовании;

(2) проблема федерального государственного стандарта, его концепции, модели и возможностей непротиворечивого определения его содержания и функций в условиях российского образования;

(3) проблема квалификации преподавателей и их профессиональной адекватности ко вновь разрабатываемой компетентностной парадигме;

(4) проблема противоречивости различных идей и представлений, бытующих в современном профессиональном образовании и др.

Исследование компетентности в аспекте формирования готовности (в широком смысле этого слова) к профессиональной деятельности привело к появлению и широкому использованию в педагогической литературе термина «профессионально-педагогическая компетентность**».** Данному вопросу посвящены работы таких ученых, как Е.В. Бондаревская, В.Н. Введенский, И.А. Зимняя, И.А. Колесникова, Н.В. Кузьмина, А.К. Маркова, Л.М. Митина, С.И. Панина, Ю.Г. Татур, Т.В. Шадрина и др. Несмотря на имеющееся различие в подходах, исследователи единодушны в том, что «...профессиональная компетентность преподавателя вуза...является одной из важнейших характеристик его деятельности и интегральным качеством личности, выступающим и как результат, и как важнейшее условие эффективности профессионально - педагогической деятельности».

Проблема определения ключевой профессиональной компетентности педагога стала предметом исследования многих ученых. Изучение работ по данной проблематике позволяет выделить следующие ключевые компетенции, составляющие содержание понятия «профессиональная компетентность педагога»: методическая; психолого-педагогическая; компетенция саморазвития; социально - психологическая; поликультурная.

В модели современного педагога способность и психологическая готовность к созданию, освоению и использованию новшеств, т.е. умение осуществлять инновационную деятельность, должны занимать, таким образом, центральное место. Исходя из вышеизложенного, в структуре профессиональной компетентности педагога мы полагаем необходимым выделить в качестве ключевой его инновационную компетентность в сфере профессиональной деятельности.

Как отмечает И.О. Липатова «...инновационная компетентность (способность творить, создавать новый продукт, вводить новые технологии и методы в процесс обучения) позволяет преподавателю проявлять свои индивидуальные возможности, реализовывать себя в профессиональной деятельности...» выступая в качестве меры «...готовности специалиста использовать свой интеллектуальный потенциал для максимально эффективного достижения инновационных целей деятельности».

С учетом отмеченного, следует включить в структуру инновационной компетентности преподавателей образовательных учреждений высшей школы в сфере профессиональной деятельности следующие компоненты:

мотивационно - ценностный (система знаний, интересов, мотивов и убеждений, организующих и направляющих волевые усилия развития лич-

ности педагога),

морально-нравственный (мировоззрение личности, нравственные ценности педагога),

когнитивный (совокупность профессионально важных знаний и представлений об особенностях, условиях и средствах инновационной профессиональной деятельности),

операциональный (уровень сформированных профессионально важных навыков и умений),

*коммуникативный (*характеризует владение приемами профессионального общения и поведения),

рефлексивный (определяет уровень развития самооценки педагога, понимания им собственной значимости в коллективе, ответственности за результаты своей деятельности, познания себя и самореализации в инновационной профессиональной деятельности).

Как можно заметить, содержание каждого структурного компонента инновационной компетентности преподавателя в сфере профессиональной деятельности составляют определенные профессионально важные качества и психические свойства личности педагога, которые в своей совокупности обеспечивает педагогу возможность участия в инновационном поиске в процессе апробации новых экспериментальных методов и технологий по организации образовательных процессов: учебно-воспитательного, учебно-познавательного, процесса контроля и оценки качества образования.

При этом в качестве основных условий формирования инновационной компетентности педагогов высшей школы выступают:

1. преемственность в развитии инновационных процессов и интеграция их в отечественную, национальную и мировую культуру;
2. опережающее конструирование системы инновационного процесса;
3. взаимосвязь и взаимодействие науки и практики;
4. учет результатов независимой экспертизы инновационной деятельности;
5. определение степени эффективности обратной связи и анализ результатов реализации инновационных идей;
6. становление многоуровневой системы профессиональной подготовки специалистов;
7. разработка и широкое внедрение образовательных стандартов высшего профессионального образования;

Следовательно, инновационная компетентность преподавателя высшего учебного заведения высшей школы отражает уровень его способности к эффективной теоретико-практической и нравственной подготовке будущих специалистов и степень готовности к профессиональному разви-

тию в условиях динамики, повышения наукоемкое отраслевых видов деятельности и возрастания личной ответственности педагогических кадров за качество воспитания будущих профессионалов.

Можно утверждать, что внедрение компетентностного подхода как стратегического принципа модернизации профессиональной подготовки инновационных кадров построено на использовании собственно педагогической теории и практики, а также придании педагогической целесообразное другим элементам вузовской системы качества, напрямую не связанным с педагогической теорией и практикой, а именно, педагогического обеспечения менеджмента качества. И в этом смысле определяет компетентностный подход как стратегический принцип профессиональной подготовки инновационных кадров в техническом университете.

Библиографический список

1.*Мажар Н.Е.* Качество образования как системообразующий фактор образовательной политики // МАНПО Педагогическое образование и наука. – № 8, 2010. – С. 16-25.

2. *Матросов С.В., Перфильев Ю.С., Соколов В.В., Цуникова Т.Г.* Ретроспективный анализ процесса проектирования компетентностно-ориентированных образовательных программ для высшей школы: монография / Под ред. проф. Соколова В.В. – М.: Энергоатомиздат, 2009. – 215 с. с ил.

3.*Филатов С.В., Цуникова Т.Г.* Методология управления качеством образовательного продукта // Профессионализм педагога: Компетентностный подход в образовании. – М.: МАНПО, 2011. С. 300-303.

УДК 514.1(075.8)

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ГЕОМЕТРИЧЕСКОМ «ЯДРЕ» ИННОВАЦИОННОГО СОДЕРЖАНИЯ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ.

Горшков Г.Ф., Голубев Д.В., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Информационные технологии, обеспечив свободный доступ к значительным объемам информации, вызвали неутолимый голод по знаниям, а построенным на знаниях интеллектуальным информационным системам (системам искусственного интеллекта), в силу огромного разнообразия предметных областей знаний, различий в составах и структурах их содер-

жаний, потребовалось системная методология (знаниях о знаниях), для их унифицированного и совместного использования. Интеллектуальные информационные технологии, обладающие умением решать сложные плохо формализуемые задачи, адаптивностью и способностями к самообучению, а также интеллектуальным интерфейсом (естественно-языковой интерфейс, интеллектуальные базы данных, гипертекстовые системы, системы когнитивной графики и параметрическое моделирование, графические языки визуальной коммуникации), стали основой для развития мультиагентных технологий. В перспективах развития мультиагентных технологий - применение принципов гомеостатического управления, создание адекватных механизмов активизации знаний, а также моделей этических систем и моделей поступков. Интеллектуальные информационные технологии становятся системообразующим средством решения сверхсложных и комплексных задач, а также и глобальных проблем, в решении которых определяющая роль отводится конструктивному взаимодействию искусственного и естественного интеллектов.

Проблема подготовки специалистов, обеспечивающих такое эффективное взаимодействие, становится одной из актуальнейших проблем образования. Стремительное и неуклонное развитие интеллектуальных информационных технологий требует опережающего отражения этого развития в содержании высшего и среднего образования, в его образовательных технологиях и образовательной среде. Альтернативой традиционному образованию с его философией жесткой дифференциации способов освоения мира становится открытое образование, в основе которого лежит интеграция способов познания мира, а в качестве основных исходных методологических идей принимаются идеи деятельности и системности, обеспечивая «образованию через всю жизнь» открытость, доступность, производительность, индивидуальность и непрерывность.

Наиболее остро проблема опережающего отражения развития интеллектуальных технологий встает в инженерном образовании, поскольку инженерная деятельность, став системотехнической и развиваясь в социотехническом направлении, оказалась обеспечена практически на всех стадиях проектирования комплексным внедрением постоянно совершенствующихся программных систем: CAD, CAE, CAPP, CAM, PDM и PLM. Инженер системотехник - это специалист, системно владеющий интеллектуальными информационными технологиями, обеспечивающими ему возможность при создании сложных технических систем применять всю гамму научных, инженерных и деловых компетенций, соответствующих специалистам разных профессий: исследователю и проектировщику, конструктору и технологу, менеджеру и дизайнеру, экономисту и организатору производства и т.п. Инструментом конструктивного представления всего разнообразия знаний, необходимых системотехнику,

становится системология, на принципах которой эти знания системно интегрируются и представляются в базах знаний, обеспечивая развитие его системного мышления и системного понимания процесса интерактивного решения всего комплекса возникающих задач.

Одним из направлений компьютеризации системотехнической инженерной деятельности, принципиально изменившим методологию решение прикладных геометрических задач исследования, проектирования и технологии, стало трехмерное параметрическое моделирование. С внедрением и развитием интеллектуальных технологий, принципиально изменились возможности графического и визуального представления информации. Кроме того, появилась возможность пользователю создавать не только индивидуальные базы данных, но и базы знаний. А автоматизация максимально возможного числа поддающихся алгоритмизации и формализуемых процедур решения многочисленных репродуктивных задач, предоставила инженеру широкие возможности в использовании системной методологии проектирования и реализации продуктивных творческих решений при наличии интеллектуального интерфейса с проблемно/предметно-ориентированными базами знаний.

Многообразие геометрических знаний, их широкие приложения в разных сферах технической деятельности и новые возможности, предоставляемые интеллектуальными технологиями, оказались не доступны инженеру в силу их распределённости по различным теоретическим и прикладным дисциплинам, а также ограничением в направлениях приложений используемых систем компьютерной графики, которые в основном нацелены на решение прикладных задач трехмерного геометрического моделирования технических систем. Острая потребность в расширении области решения прикладных геометрических задач явилась основанием для развития отечественной прикладной геометрии, базой которой стала начертательная геометрия, а основным принципом развития – принцип основателя инженерной геометрии Г. Монжа: единство алгебры, анализа и геометрии, расширенный новыми возможностями вычислительной геометрии. Прикладная геометрия в представлениях проф. И.И. Котова являлась разделом геометрии, занимающимся разработкой «алгоритмов перевода инженерных задач технологии и конструирования в геометрические задачи, решаемые графоаналитическими методами, переходящими в машинные алгоритмы решения этих задач» [1, с.7]. Бурное развитие прикладной геометрии значительно расширившей область геометрических приложений, не могло не отразиться на попытках модернизации начертательной геометрии. Взаимосвязь начертательной и аналитической геометрий нашла отражение в учебниках И. И. Котова, В. А. Маневича, Г.С. Иванова. Связь с элементами дифференциальной геометрии в учебнике М.Я. Громова и А.В.

Бубенникова. В высшей начертательной геометрии В.А. Пеклича представлены элементы теории множеств, понятия «размерность» и приемы счета параметров, проективная и линейчатая геометрии и другие элементы высшей геометрии. Наиболее полно и с широкими приложениями представлена одна из ведущих тем прикладной геометрии- образование поверхностей в учебниках М.Я. Громова и А.В. Бубенникова, Н.Ф. Четверухина, И.И. Котова, Н.Н. Рыжова, Г.С. Иванова, Н.Н. Крылова, С.А. Фролова. В приложениях учебников по начертательной геометрии В.И. Якунина и Г.С. Иванова представлен обширный материал по различным направлениям решения комплексных прикладных задач из их работ и работ их аспирантов, для стимулирования научной работы студентов. В работах Н.Н. Рыжова конструктивно представлена параметризация поверхностей, через введенные понятия определителя и каркаса поверхности, а также заложено начало использования кибернетического принципа сведения задач к подзадачам через введение четырех основных задач преобразования комплексного чертежа. В начертательной геометрии В.С. Полозова представлена теория параметризации в приложении к решению задач начертательной геометрии.

Однако многообразие приложений графоаналитических методов, развитие ряда теоретических направлений, начала методологических обобщений, как и основы параметрического моделирования не могли найти отражения в типовых программах по начертательной геометрии в силу объективных причин. Это повлияло на сокращение, как разделов программ, так и часов на их освоение. Падение престижа геометрии в инженерном образовании, когда в условиях перехода на интеллектуальные технологии значительно расширились возможности решения ранее не доступных прикладных геометрических задач, произошло по следующим причинам:

- отсутствие конструктивной взаимосвязи начертательной, аналитической и дифференциальной геометрий, расширенной вычислительной геометрией;
- отсутствие системности и единообразия в представлении законов формообразования линий и поверхностей, а также их конструктивной основы, представленной принципами параметризации;
- отсутствие методологически обоснованной понятийной системы, отвечающей общенаучным принципам и системным представлениям системотехники, для решения системных геометрических задач которой и предназначена прикладная геометрия;
- отсутствие современных подходов, адекватных инновационным технологиям обучения в структуре и составе содержания примерной рабочей программы по начертательной геометрии;

- узкой проблемной ориентацией содержания геометрического «ядра» инженерных систем компьютерной графики, что ограничивает возможность решения более широкого класса системных геометрических задач доступных интеллектуальным технологиям;

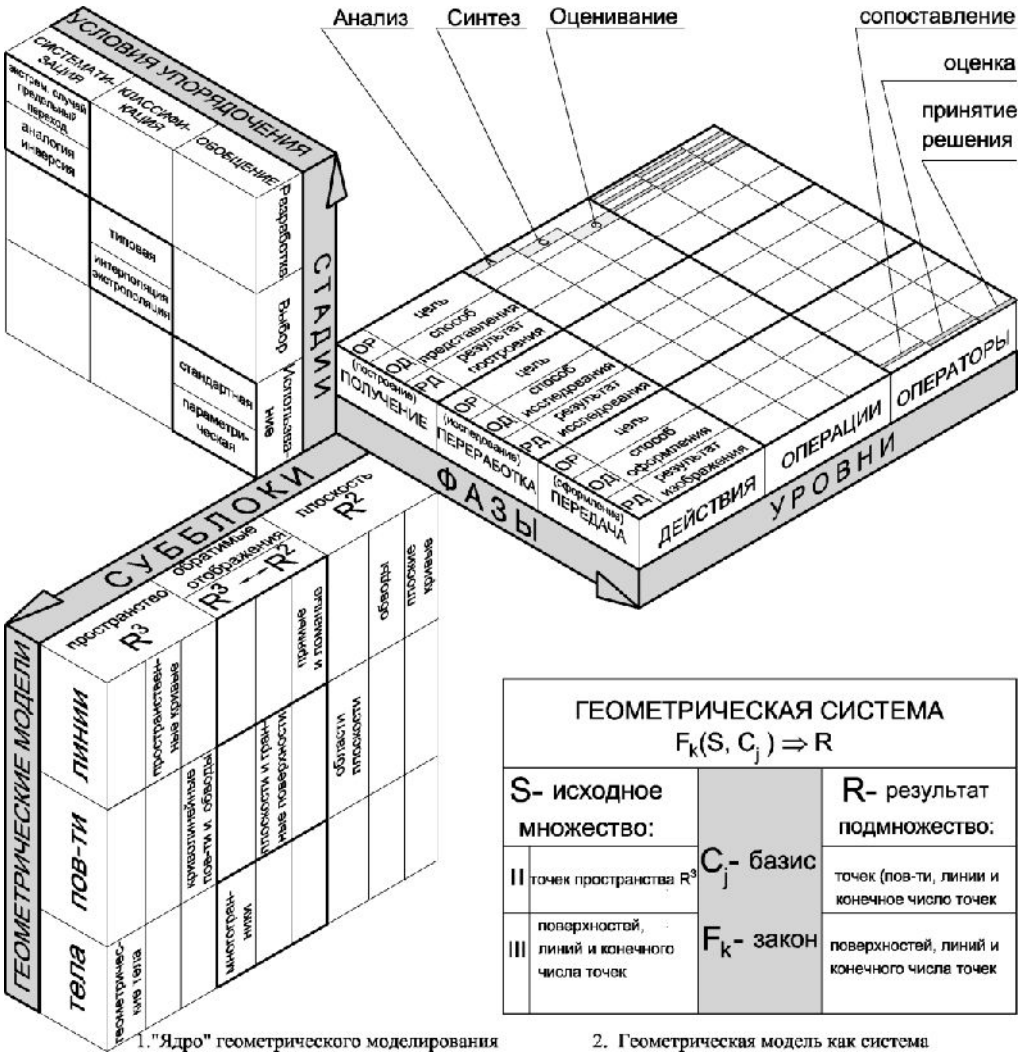
- отсутствие конструктивной взаимосвязи среднего и высшего геометрического образования столь необходимого для адекватного реагирования на проблемы геометрической подготовки инженеров в условиях опережающего отражения развития интеллектуальных технологий;

- отсутствие профессионально подготовленных преподавателей, как по геометрии, так и по интеллектуальным технологиям геометрического моделирования, а также по современным инновационным образовательным технологиям.

Современная инженерная геометрия как системотехническая дисциплина должна выступать в роли системного интегратора знаний из разных геометрических дисциплин и связанных с ними предметных областей для их совместного использования при решении широкого класса прикладных геометрических задач. Основным инструментом решения задач инженерной геометрии становятся интеллектуальные информационные технологии, обеспечивающие конструктивную взаимосвязь аналитической, дифференциальной, начертательной, вычислительной и других геометрий. Основанием решения таких общенаучных системных проблем является системология с её системными принципами и представлениями, с направленностью на решение системных задач в среде интеллектуальных информационных технологий. Через принципы системологии появляется возможность не только системной интеграции знаний, но и представления их через процесс их порождения и развития.

Использование принципов системологии Дж. Клира [2] позволило решить проблему обоснования состава и генетической структуры «ядра» инженерной геометрии и реализовать принципы, сформулированные Б.М. Неменским. «Нам нужно в учебных предметах идти принципиально другим путем. Не обрубать ветви, а поставить задачу как бы «свернуть» знания науки в «семечко», чтобы в этом маленьком предмете заключалась подлинная жизнеспособность – возможность прорасти и развернуться в живое дерево, чтобы в этом «семечке» можно было прозреть не деталь, а целостный образ всего цветущего дерева – с корнями, уходящими в прошлое и растущее в будущее кроной» [3, с.130].

На основе системных представлений процесса деятельности, используя их как методологическую эвристику, сформирована структура и состав содержания «ядра» системотехнической дисциплины инженерная геометрия, представленная рис. 1 [4, с. 52].



1."Ядро" геометрического моделирования 2. Геометрическая модель как система

Рис. 1. «Ядро» системотехнической дисциплины «инженерная геометрия».

Блочная структура, выделенного «ядра», строится на принципах вложенности двух рассматриваемых метрических пространств R^2 и R^3 по их размерности и размерности составляющих их геометрических моделей, а также добавлением третьего, связывающего их субблока - обратимые отображения (R^2 - R^3), для привлечения в систему графических методов и представлений области графического моделирования многомерных пространств. Каждый блок, представляемый точкой трехмерного пространства матриц, имеет инвариантную структуру порождения и развития составляющих его знаний. Например, блок поверхности, входящий в субблок трехмерное пространство - R^3 состоит из трех разделов: система способов формообразования поверхностей и система их свойств (*вектор – субблоки,* таблица геометрическая система); системно-методологические ориентировки решения задач геометрического моделирования поверхностей (*вектор – фазы*), и база знаний по поверхностям как результат обобщений, классификаций, систематизаций и соответ-

ствующих им алгоритмов и эвристик. Каждый блок завершается решением определенного класса прикладных задач, о которых прежде и не помышляли, средства для их решения получены с развитием интеллектуальных технологий и обеспечены системным параметрическим представлением геометрической модели. Содержание каждого блока представлено пространством решений системно организованных задач, обеспечивающих глубокое понимание не только как решается задача, но, прежде всего, почему именно так.

«Полученная система геометрических знаний, представляющая эскиз базы знаний, открыта для постоянного совершенствования и развития при сохранении структуры её «ядра», общенаучных положений и базовых геометрических понятий. Знания из различных геометрических дисциплин, представленные на принципах системологии, соответствуют моделям представления знаний в системах искусственного интеллекта» [5, с. 152].

Библиографический список

1. И.И. Котов. Методологические основы и пути развития прикладной геометрии. Кибернетика графики и прикладная геометрия поверхностей. Труды МАИ 5. Выпуск № 195. М.: МАИ, 1970. С. 3-9.

2. Дж. Клир. Системология. Автоматизация решения системных задач: Пер. с англ.- М.: Радио и связь, 1990. – 544 с.

3. Б.М. Неменский. «Новое педагогическое мышление». (Под ред. А.В. Петровского). М.- Педагогика. 1989. 280 с..

4. Системно-деятельностное проектирование в области геометрического моделирования и его представление в информационных технологиях. Информационные и телекоммуникационные технологии. № 15.МАН ИПТ, МАИ, 2012. С 49-55.

5. Г.Ф. Горшков. Графические основы геометрического моделирования: учебное пособие. М.: МИРЭА, 2009. - 154 с.

УДК 378.147

COMMUNICATIVE COMPETENCE AS A GOAL OF LANGUAGE EDUCATION

James Mitchell, Bachelor of Education
5 Water Lane, Steeple Bumpstead Haverhill, Suffolk CB9 7 DS

The term communicative competence coined by Dell Hymes in 1966 refers to a language user’s grammatical knowledge of syntax, morphology,

phonology as well as social knowledge about how and when to use utterances appropriately. The term is considered to be a new direction in foreign language teaching literature and a superior model of language based on motives and appropriateness. In Hymes' view speakers of a language have to have more than grammatical competence to communicate effectively; they need to know how language is used by members of a speech community to accomplish their purposes (Hymes, 1968). Nowadays, it has become widely accepted that communicative competence should be the goal of language education, central to good classroom practice. This is in contrast to previous views in which grammatical competence was commonly given top priority.
According to Canale and Swain communicative competence comprises four main components:

- grammatical competence: words and rules;
- sociolinguistic competence: appropriateness;
- discourse competence: cohesion and coherence;
- strategic competence: appropriate use of communication strategies/

The authors specified communicative competence as "the underlying systems of knowledge and skill required for communication. Knowledge refers here to what one knows (consciously or unconsciously) about the language and about other aspects of communicative language use; skill refers to how well one can perform this knowledge in actual communication (Canale, 1983)".
From this perspective what language teachers need to teach is no longer just linguistic competence but also socio-linguistic competence ("which utterances are produced and understood appropriately in different socio-linguistic contexts"), discourse competence ("mastery of how to combine grammatical forms and meanings to achieve a unified spoken or written text in different genres"), and strategic competence ("mastery of verbal and non-verbal communication strategies that may be called into action for compensating or enhancing communication") (Canale, 1983).

Communicative Language Teaching (CLT) stemmed from the changes in the British Situational Language Teaching approach occurred in the late 1960s. The approach evolves as a prominent language teaching method and gradually replaces the previous grammar-translation one. So, the desired outcome of the language learning process is the ability to communicate competently and not the ability to use the language exactly as a native speaker does.

Learning to communicate in another language takes a long time. It is one of the most challenging tasks the students are likely to undertake, and they can easily become discouraged and bored with it.

According to different surveys most learners confess that they feel shy, unconfident or nervous to speak a foreign language. The lack of motivation is another factor and the environment in most cases does not support the learners to speak a foreign language and improve their language production. Teachers should be aware about both the significance of motivation and the environment in foreign language learning to prevent the gap between the language competence and performance. Using the conventional teaching method focusing on the grammar and vocabulary or answering the passage questions (also known as grammar translation method) does not lead to improving speaking skills. Certainly, it strengthens the learners' brain competence, but their speaking performance is stiff. As a result, a lot of students are smart in grammar but when they have to speak a foreign language, they do not get used to doing it even if they have learnt a foreign language for several years. Therefore, the students are unconfident, shy, and not really motivated to learn foreign languages.

Concerning English as a worldwide used international language communicative competence development must be taken for granted by English language teachers. And the reality tells us that communicative English competence becomes the main goal of English teaching process. Most students want to speak English well, communicatively use it in real life. Unfortunately, the time they have in the classroom to develop and improve their performance is limited.

In connection to this the corresponding methods and tools, including goal setting, cooperative learning, social environment, IT, used by English language teachers will provide their students with interest and motivation, help them understand the language acquisition process, tie language learning with their educational and life goals as well as succeed in language learning and become great language leaders. The teacher's task is to form close interpersonal relations with students as well as make a strong emphasis on individual learner creativity and independent learning. Students may even be encouraged to question and challenge what the teacher says.

References:

1. Canale, M., Swain, M. (1980) "Theoretical bases of communicative approaches to second language teaching and testing" Applied Linguistics (1): 1-47.

2. Hymes, D.H. (1966) "Two types of linguistic relativity". In Bright, W. Sociolinguistics. The Hague: Mouton. pp. 114-158.

Мурад Рашидович Капланов

15 апреля 1915г. исполняется 100 лет со дня рождения выдающегося инженера и ученого в области радиосвязи, лауреата Государственных премий, доктора технических наук, профессора, главного конструктора первых отечественных систем дальней космической радиосвязи и телевизионного вещания Мурада Рашидовича Капланова.

Капланов М.Р. окончил Московский энергетический институт, принимал участие в Великой Отечественной войне, в послевоенные годы начал работать в Московском НИИ радиосвязи (МНИИРС). За тридцать лет работы в МНИИРС`е он прошел путь от инженера до заместителя директора по научной работе.

Производственная и научная деятельность М.Р.Капланова была исключительно плодотворной: сначала в качестве главного конструктора самолетных систем и аппаратуры радиосвязи, а затем как главного конструктора первых систем дальней космической радиосвязи и телевизионного вещания, в том числе и системы "Молния". М.Р.Капланов возглавил принципиально новое научно-техническое направление в технике отечественной радиосвязи. Свою инженерно-конструкторскую работу Мурад Рашидович совмещал с научной и педагогической деятельностью. Он был автором многих научных работ, в том числе, совместно с В.А.Левиным, книги "Автоматическая подстройка частоты", выдержавшей три издания, переведенной на иностранные языки и заложившей научные основы развития нового направления на стыке двух научных дисциплин – радиотехники и теории автоматического регулирования.

С 1958 по 1973г.г. Мурад Рашидович по совместительству работал сначала во Всесоюзном энергетическом институте, а затем в Московском институте радиотехники, электроники и автоматики (МИРЭА), возглавив в 1963г. кафедру "Конструирование и производство радиоаппаратуры". Прекрасно понимая потребности нашей радиотехнической промышленности, он являлся одним из основателей новой специальности "Конструирование и технология производства радиоаппаратуры" и внес значительный вклад в ее становление и разработку научно-методологических основ преподавания, подготовил большой отряд инженеров.

Мурад Рашидович Капланов оставил неизгладимый след в сознании тех, кто имел счастье знать, общаться, дружить и работать с ним. Он умер 29 мая 1980г.

СОДЕРЖАНИЕ

Приветственное слово оргкомитета конференции **4**

СЕКЦИЯ 5: МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ МЕТОДЫ В РАДИОФИЗИКЕ

Гадзаов А.Ф., Кузьмин В.И., Самохин А.Б.
Функциональный анализ как основа обработки сигналов, содержащих тренд и колебания 5

Павлов А.В.
Выражение спектральных представлений синус от косинуса преобразований Фурье для целых функций 9

Лаговский Б.А.
Сверхразрешение при формировании изображения объекта цифровыми антенными решётками 14

Антипин Н.А., Манеев Р.Ю., Федулов Ф.А.
Теоретико-числовые аспекты шифра Хилла для матриц 32-го порядка 17

Лукашик К.С., Решетняк С.А., Третьяков Г.Н.
Исследование автоколебаний в нелинейном активном фильтре 21

Shestopalov Y.V., Smirnov Y.G.
Forward and inverse scattering of electromagnetic waves by dielectric bodies in waveguides 28

Ахмедов И.А., Парфёнов Д.В., Худак Ю.И.
Об алгоритме решения ослабленной задачи просветления в смысле Чебышева 32

Митин А.В., Худак Ю.И.
Прохождение эллиптически поляризованной волны через простейшую МДС при наклонном падении 39

СЕКЦИЯ 6: УПРАВЛЕНИЕ ИННОВАЦИЯМИ И КАЧЕСТВОМ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ И ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Бачурин В.А.
Резерв повышения эффективности системы менеджмента качества организации радиоэлектронного комплекса России 47

Вокин Г.Г.
Организационно-технико-экономические предложения по вопросам планирования и создания инновационных продуктов в сфере радиотехнических и инфокоммуникационных систем 50

Гавриленко Т.Ю., Ткаченко Е.К.
Роль и место интеллектуального труда в инновационной экономике 53

Гавриленко Т.Ю., Татаурщикова Д.А., Татаурщиков С.А.
Развитие технологий рейтингования сложных социально-экономических систем 56

Горобец А.И., Герасимова А.Д.
Анализ методов испытаний на надежность в РЭС 59

Дудина Е.А., Богорадникова А.В.
Анализ нормативно-методического обеспечения эффективности системы менеджмента качества 62

Запорожко А.В., Николаева В.А., Куртеева Ж.А.
Повышение качества разработки новых образцов техники за счёт применения Cals-технологий 67

Ерошкин А.Л. Попо Р.А., Машевич П.Р.
Специфика разработки методов обеспечения гарантированной надёжности и радиационной стойкости бескорпусных микросхем 72

Кохтина М.В.
Требования стандартов к системе менеджмента качества при производстве радиоэлектронных средств для авиационной, космической и оборонной техники 78

Кохтина М.В.
Обеспечение качества радиоэлектронных средств для авиационной, космической и оборонной техники 83

Колбатова А.Г., Тихонов М.С.
К вопросу оценки результативности СМК 88

Калушин С.В.
Реорганизация и выход из кризиса научно-производственного комплекса на примере ОАО «Плутон» 93

Куртеева Ж.А.
Процессный подход к управлению компетенциями инженерно-технического персонала 98

Калушин С.В.
Организационно-экономический механизм управления инновационной деятельностью научно-производственного предприятия 102

Макарова Н.С.
Оценка результативности системы менеджмента устойчивого развития организации радиоэлектронного комплекса России 107

Макарова Н.С.
Система менеджмента организации радиоэлектронного комплекса России на современном этапе развития 112

Покровская М.В., Сидорин В.В.
Устойчивое развитие предприятия-разработчика радиоэлектронных средств на основе инновационной деятельности 117

Покровская М.В., Сидорин В.В.
Модель устойчивого развития предприятия-разработчика радиоэлектронных средств на основе инновационной деятельности 123

Покровская М.В., Сидорин В.В.
Прогнозирование эффективности инноваций на этапе проектирования и разработки радиоэлектронных средств 129

Сидорин А.В.
Квалификационная характеристика – инструмент управления компетентностью выпускников вузов и специалистов предприятий 134

Сидоров М.О., Сидорова С.В.
Подготовка конструкторской документации для изделий военного назначения к производству в компании ЗАО «связь инжиниринг» на стадии прохождения ее через группу автоматизации систем управления предприятием (АСУП) 139

Горобец А.И., Герасимова А.Д.
Анализ методов испытаний на надежность в РЭС 144

СЕКЦИЯ 7: ВОПРОСЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ И ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Будагян И.Ф.
Особенности проектирования миниантенн на основе метаматериалов 147

Будагян И.Ф., Костин М.С.
Радиоволновая сверхкороткоимпульсная виброметрия механизмов и конструкций РЭС 151

Воруничев Д.С., Покровская М.В.
Учебно-производственный комплекс оборудования по сборочному производству печатных узлов электронных средств 155

Воруничев Д.С., Лазарев Е.М.
Учебно-научно-производственный комплекс испытания электронных и микроэлектронных средств 159

Рябов Ю.Г., Трубицын А.В., Ломаев Г.В., Ермаков К.В.
Показатели и критерии комфортных и допустимых электромагнитных условий в «зеленых» домах 164

Куртеева Ж.А., Васильев Е.В.
Расчет энергетической характеристикии оптического генератора в импульсном режиме 171

Лучников П.А., Назаренко А.А.
Надежность полупроводниковых охладителей микросхем РЭА с вакуумными полимерными покрытиями 175

Мамаев С. С.
Импульсная сварка MIG/MAG 179

Лучников П.А., Рогачев А.А., Фролов А.М.
Композиционные покрытия на основе полианилина для изделий радиоэлектроники 184

Попо Р.А.
Самоорганизующиеся системы в технике 188

Попо Р.А., Филиппов А.А.
Развитие и структура сетей АТМ-изделий
The development and structure of ATM networks-products 201

Попо Р.А., Горушкина А.Р.
Вода и качество электронной техники
Water quality and electronic engineering 205

Сидорин А.В., Сидорин В.В.
Неразрушающий радиоволновый метод измерения подвижности и концентрации свободных носителей заряда в полупроводниках 213

Сидорин А.В., Сидорин В.В.
Неразрушающий радиоволновый метод измерения параметров пластин полупроводниковых материалов 217

Щучкин Г.Г.
Проектирование антенных систем с управляемыми характеристиками 222

Деменкова Т.А., Сорокоумов А.М.
Методика выбора инструментов и методов моделирования для задач верификации 227

Артюхов В.В. ,Попо Р.А., Машевич П.Р.
Принципы проверки контактирования микросхем и применение программы LABVIEW 231

Воруничев Д.С., Покровская М.В.
Особенности применения бессвинцовых и смешанных технологий монтажа на отечественном радиоэлектронном производстве 235

Федулов Ф.А., Манеев Р.Ю., Антипин Н.А.
Микроэлектромеханические системы. Новейшие применения 240

Сергачева А.Г., Колобаева О.С., Егоренков В.М.
Метод контроля температуры вакуумной напылительной установки 244

СЕКЦИЯ 8:ГЛОБАЛЬНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Скрипачев В.О., Пирхавка А.П., Полушковский Ю.А., Назаренко А.С., Пискун В.Л.
Прием и обработка сигналов радиопередатчиков ОНЧ диапазона 251

Скрипачев В.О., Пирхавка А.П., Полушковский Ю.А., Чеботарева В.В.
Обработка сигналов СВЧ радиометров низкоорбитальных космических аппаратов 255

Рябов Ю.Г., Ломаев Г.В., Розанов В.С., Трубицын А.В., Ермаков К.В.
Модели процессов формирования молниевых разрядов 258

Удалов А.И, Розанов В.С., Трубицын В.А.
Вопросы восстановления емкости аккумуляторных батарей 265

Кочетов О.С., Трофимов А.В.
Система моделирования для предотвращения чрезвычайной ситуации 271

Трофимов А.В., Кочетов О.С.
Палаточный городок с системой воздушного отопления 276

Корнейчук Е.Ю.
Использование информационных технологий для оперативного мониторинга природных и техногенных катастроф 280

Абросимов И.Н., Николаев П.Н., Абросимов М.И.
Применение акустических колебаний в природоохранных и ресурсосберегающих технологиях 284

Рябов Ю.Г., Трубицын А.В., Розанов В.С., Ломаев Г.В. Ермаков К.В.
Показатели и критерии комфортных и допустимых электромагнитных условий в «зеленых» домах 289

Девисилов В.А., Копылов Д.О., Сущев С.П., Трубицын А.В., Розанов В.С.
Использование специального программного обеспечения для подготовки специалистов в области предупреждения чс на потенциально опасных объектах 296

Шубин В.Н., Карпачев А.Т., Телегин В.А., Каптюг А.А..
Глобальная модель smf2 высоты максимума слоя f2, ее роль и применение в прикладных задачах. Часть 1. 301

Шубин В.Н., Карпачев А.Т., Телегин В.А., Каптюг А.А..
Глобальная модель smf2 высоты максимума слоя f2, ее роль и применение в прикладных задачах. Часть 2. 310

Адушкин В.В., Кочарян Г.Г., Кишкина С.Б.
Проведение сейсмического мониторинга для оценки геодинамической безопасности особо ответственных объектов по опыту работ института динамики геосфер ран 318

Фадеев А.И.
Волоконный интерферометр для регистрации высокочувствительных колебаний в условиях помеховой обстановки 321

Труханов К.А.
Земные и космические проблемы биологического действия гипомагнитных условий 325

СЕКЦИЯ 9: ПОДГОТОВКА ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КАДРОВ ДЛЯ НАУКОЕМКИХ ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Водопьянова Е.В.
Реалии и перспективы высшего образования в России 333

Верезгова И.В.
Модернизация современной россии и формирование этоса профессионала 335

Гладышева Е.В.
Нравственное воспитание студентов на примере благотворительной деятельности отечественных предпринимателей 338

Григоренко О.В., Жемерикина Ю.И., Жемерикин О.И.
Недобросовестная конкуренция – одна из проблем инженерно-технического образования в россии 342

Зайцева Л.А., Шныренков Е.А.
Формирование социальных компетенций у студентов технических вузов 344

Матронина Л.Ф.
Образовательный потенциал проектирования: трансверсия смысла 349

Смирнов В.В.
Роль социологических опросов в гуманитарной подготовке студентов технического университета 353

Богорадникова А.В., Дудина Е.А.
Организация системы обучения инженерных кадров для предприятий радиоэлектронных комплексов 356

Агафонов А.Н., Епифанов Р.А.
Хакеры как вызов современному образованию 361

Асадуллина Э.Ф.
Об инновационном подходе к обучению русскому языку как иностранному 366

Богуш Н.Б.
Роль лингвометодических и психологических аспектов в процессе обучения иностранному языку специалистов при подготовке к сдаче кандидатского минимума. 368

Гладышева С.Г.
О понятиях традиции и инновации 372

Грачёва Е.К.
Критерии оценки социального статуса инженера в современной россии и факторы влияющие на него 376

Клюшник Д.А.
История ракетостроения в мирэа как воспитательный фактор в образовательном процессе студентов 380

Куртеева Ж.А.
Актуальные проблемы подготовки профессиональных кадров для наукоемких отраслей промышленности 384

Кочеткова Л.Н., Мельков С.А.
Case-study как механизм формирования практических навыков в процессе изучения социально-гуманитарных дисциплин 388

Никитина Е.А.
Эпистемологические основания формирования междисциплинарных компетенций профессиональных кадров для наукоемких отраслей 392

Парамонов Е.А.
Интернет как современная информационная среда подготовки кадров для наукоемких отраслей промышленности 396

Попова Е.С.
Проблема первого трудоустройства 399

Тихонова С.В.
Дистанционное обучение: тенденции и перспективы развития 401

Фримучков А.Н.
Подготовка профессиональных кадров в области информационной безопасности: современные тенденции 405

Цветков В.Я.
Виртуальное обучение при повышении квалификации 409

Черногоров Д.С.
Специалист по защите информации – профессия XXI века 412

Шацкая И.В.
Развитие системы дополнительного профессионального образования в современной россии 415

Стерликова М.С.
Роль культуры и дисциплин гуманитарного цикла в процессе подготовки профессиональных кадров для наукоемких отраслей промышленности 418

Жемерикина Ю.И., Тотоонова Ф.М.
Вопросы гендерных различий как социальных типов поведения в профессионально-ориентированной среде технического университета 423

Павлов С.Б.
Гуманитарная составляющая высшего технического образования 426

Винниченко В.М.
Роль истории и философии науки в подготовке профессиональных кадров для наукоемких отраслей промышленности 429

Сергачева А.Г., Колобаева О.С., Ветрова В.В., Егоренков В.М.
Развитие инновационной политики в России 433

Абайдуллина О.С., Нанай Ф.А.
Икт как инновационная составляющая иноязычного образования в неязыковом вузе 437

Гайдамашко И.В., Цуникова Т.Г., Пашина О.Н.
Социально-педагогический аспект управления качеством профессиональной подготовки бакалавров 441

Деменкова Т.А., Кожевников Г.С.
Дистанционные методы и средства поддержки обучения проектированию цифровых устройств 446

Иванова Е.А.
Развитие межпредметных компетенций при обучении иностранному языку в техническом вузе 451

Чернова Н.И., Катахова Н.В.
Роль интернет технологий в процессе обучения иностранным языкам 455

Маслина Л.Я.
Взаимодействие вуза и предприятия в разработке учебных дисциплин специальности в соответствии с требованием подготовки креативного специалиста. 461

Михайлов В.М.
О формировании восприятия логически структурированного учебного материала в процессе обучения 464

Петрова Л.И.
Неформальные лингвистические сокращения, как способ вербального коммуникативного общения 469

Петрова Л.И., Карлина Н.Е.
Иноязычный компетентностный подход, как способ построения эффективного процесса профессионального обучения иностранным языкам в технических вузах 477

Рыбакова М.В.
Роль самостоятельной работы по иностранным языкам студентов вечернего отделения при переходе на уровневую систему обучения 480

Томашевская В.С, Тотоонова Ф.М. , Цуникова Т.Г.
Компетентностная парадигма к исследованию проблем профессионально подготовки высококвалифицированных кадров для инновационных высокотехнологичных отраслей 483

Горшков Г.Ф., Голубев Д.В.
Перспективы развития интеллектуальных технологий в геометрическом «ядре» инновационного содержания инженерного образования 488

James Mitchell, Bachelor of Education
Communicative competence as a goal of language education 494

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧЕРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ РАДИОТЕХНИКИ, ЭЛЕКТРОНИКИ И АВТОМАТИКИ»

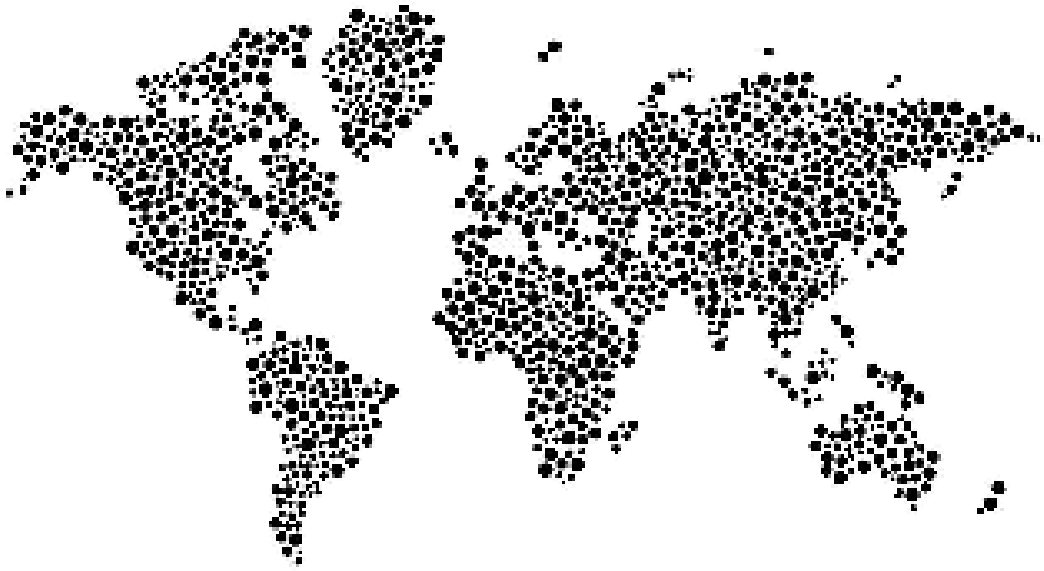
МГТУ МИРЭА

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

Часть 3

ШКОЛА МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ «ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ И ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ»

«РАДИОИНФОКОМ – 2015»



МОСКВА 2015

"Ничего важнее радио в технике за последние 100 лет не возникало."
Академик РАН Котельников В.А.

Оргкомитет Школы молодых ученых «Перспективы развития радиотехнических и инфокоммуникационных систем» приветствует участников и гостей научного форума в стенах Московского государственного технического университета радиотехники, электроники и автоматики.

Проведение Школы обусловлено необходимостью обсуждения проблем, направлений и перспектив развития и совершенствования одного из важнейших кластеров российской экономики – радиоэлектронной и телекоммуникационной отраслей, обеспечивающих функционирование всех жизненно важных элементов государственной инфраструктуры гражданского и оборонного назначения. Кроме того, целью мероприятия является повышение уровня апробации результатов исследований молодых ученых и специалистов (до 35 лет), а также их ознакомления с новейшими научными и технологическими достижениями, актуальными направлениями исследований в области радиотехники, радиофизики, СВЧ-электроники, технологии радиоэлектронного приборостроения, информационных технологий, развитие творческой активности студентов и аспирантов, повышение их профессиональной квалификации.

Проведение Школы молодых ученых «Перспективы развития радиотехнических и инфокоммуникационных систем» будет способствовать развитию и подготовке научных и педагогических кадров высшей квалификации.

Оргкомитет Школы

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный технический университет радиотехники, электроники и автоматики» (МГТУ МИРЭА)

Российский фонд фундаментальных исследований

Московский научно-исследовательский институт радиосвязи

Институт радиотехники и электроники имени В. А. Котельникова РАН

ОАО «Головное системное конструкторское бюро Концерна ПВО «Алмаз-Антей» им. академика А.А. Расплетина»

ОАО «Концерн радиостроения «ВЕГА»

ОАО «Научно-производственный комплекс «Научно-исследовательский институт дальней радиосвязи»

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

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

Вильнюсский университет

Карлстадский университет

НТЦ «Космонит» ОАО «Российские космические системы»

ОАО «МАК «Вымпел»

ОАО «Оборонительные системы»

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

Часть 3

ШКОЛА МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ
«ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ И ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ»

РАДИОИНФОКОМ – 2015

14-18 апреля 2015 года
Россия, г. Москва

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

С 23 В сборнике представлены материалы докладов Школы молодых ученых "Перспективы развития радиотехнических и инфокоммуникационных систем", отражающие результаты и направления теоретических и прикладных исследований молодых ученых в различных областях построения радиотехнических и телекоммуникационных систем.

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

Все материалы даются в авторской редакции.

Редакционная коллегия:

Куликов Г.В., Трубицын А.В., Битюков В.К., Нефедов В.И., Парамонов А.А., Замуруев С.Н., Котов А.Ф., Будагян И.Ф., Гусейн-Заде Н.Г., Сидорин В.В., Кочеткова Л.Н., Чернова Н.И., Самохин А.Б..

© Оргкомитет школы

© МГТУ МИРЭА, 2015

ОРГКОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ

Сопредседатели:

Сигов Александр Сергеевич — Президент МГТУ МИРЭА, академик РАН, д.ф.-м.н., профессор (Россия).

Кудж Станислав Алексеевич — Ректор МГТУ МИРЭА, д.т.н. доцент (Россия)

Члены оргкомитета:

Куликов Г.В. — директор института РТС МГТУ МИРЭА, д.т.н., профессор (Россия);

Ненартович Н.Э. — генеральный конструктор ОАО ГСКБ Концерна "Алмаз-Антей" им. академика А. А. Расплетина, к.т.н. (Россия);

Самсонов Г.А. — вице-президент РНТОРЭС им. А.С. Попова, к.т.н., доцент (Россия);

Соловьев И.В. — проректор по научной работе МГТУ МИРЭА, д.т.н., профессор (Россия);

Чернявский Г.М. — директор НТЦ Космонит ОАО "Российские космические системы", чл.-корр. РАН, д.т.н., профессор (Россия);

Трубицын А.В. – директор ЦДПО МГТУ МИРЭА, к.т.н., доцент (Россия).

Программный комитет:

Розанов В.С. (председатель), Битюков В.К., Нефедов В.И., Парамонов А.А., Замуруев С.Н., Котов А.Ф., Будагян И.Ф., Гусейн-заде Н.Г., Сидорин В.В., Самохин А.Б.

ПРИВЕТСТВЕННОЕ СЛОВО ОРГКОМИТЕТА ШКОЛЫ

Оргкомитет Школы молодых ученых «Перспективы развития радиотехнических и инфокоммуникационных систем» приветствует участников и гостей научного форума в стенах Московского государственного технического университета радиотехники, электроники и автоматики.

Проведение Школы обусловлено необходимостью обсуждения проблем, направлений и перспектив развития и совершенствования одного из важнейших кластеров российской экономики – радиоэлектронной и телекоммуникационной отраслей, обеспечивающих функционирование всех жизненно важных элементов государственной инфраструктуры гражданского и оборонного назначения. Кроме того, целью мероприятия является повышение уровня апробации результатов исследований молодых ученых и специалистов (до 35 лет), а также их ознакомления с новейшими научными и технологическими достижениями, актуальными направлениями исследований в области радиотехники, радиофизики, СВЧ-электроники, технологии радиоэлектронного приборостроения, информационных технологий, развитие творческой активности студентов и аспирантов, повышение их профессиональной квалификации.

Проведение Школы молодых ученых «Перспективы развития радиотехнических и инфокоммуникационных систем» будет способствовать развитию и подготовке научных и педагогических кадров высшей квалификации.

МГТУ МИРЭА имеет основательный опыт по проведению мероприятий такого рода. В рамках 1-ой Международной научно-практической Конференции «Актуальные проблемы и перспективы развития радиотехнических и инфокоммуникационных систем» («РАДИОИНФОКОМ-2013»), проводившейся 28-30 марта 2013 г. в Московском государственном техническом университете радиотехники, электроники и автоматики (МГТУ МИРЭА, Россия, Москва, проспект Вернадского, 78) и Институте общей физики РАН им. А.М. Прохорова (ИОФ РАН им. А.М. Прохорова, Россия, Москва, ул. Вавилова, 38), работала секция молодых ученых и специалистов. С докладами выступили аспиранты, студенты МГТУ МИРЭА и молодые специалисты ряда предприятий.

Желаем участникам Школы плодотворного общения и новых научных результатов.

Оргкомитет Школы

СЕКЦИЯ 1. ВОПРОСЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ И ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ

УДК 621.396.67

АНТЕННА БЕГУЩЕЙ ВОЛНЫ С ПЕРЕМЕННОЙ ЗАМЕДЛЕННОЙ ФАЗОВОЙ СКОРОСТЬЮ, С УМЕНЬШЕННЫМ УРОВНЕМ БОКОВЫХ ЛЕПЕСТКОВ

Гончаренко В.М., Чемесов К.С., Третьяков Е.Б.,
МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Введение

В работе представлены результаты расчетов диаграммы направленности (ДН), коэффициента направленного действия (КНД) и уровня боковых лепестков линейной антенны бегущей волны с переменной замедленной фазовой скоростью $\xi_i\ z$:

$$\xi_i\ z\ = \frac{c}{V_{\phi}^{i}(z)},$$

где с – скорость света, V_{ϕ}^{i} – фазовая скорость излучающего тока на излучателе, $V_{\phi}^{i} < c$.

Полагается, что излучающие элементы антенны изотропны. Так как в реальных антеннах основной лепесток множителя решетки много уже основного лепестка элемента, то ДН антенны в этой области мало зависит от ДН элемента и в целом ДН отдельного элемента оказывает малое влияние на ДН и КНД антенны. В расчетах не учитывается, что при изменении замедления $\xi_i(z)$ будет изменяться и амплитуда излучающего тока. В нашем случае это соответствует p = $n < 3 \ldots 4$ и m=2.

Замедление $\xi_i\ z\ = \frac{c}{V_{\phi}^{i}(z)}$ задается выражением

$$\xi_i\ z\ = (\xi_i^{opt} \pm p\Delta_i^n) \pm n\Delta_i^n \sin(\frac{m\pi z}{L_i}),$$

где $\xi_i^{opt} = 1 + \frac{\lambda_0}{2L_i}$ – замедление на оптимальной антенне, m – любое число, которое задает соотношение длины антенны L_i и длины волны излучающего тока, n и p – целые числа, изменяющиеся от 1 до 10. В случае $n = p = 0$ рассчитывается оптимальная антенна с $\xi_i^{opt}\Delta_i = k_0\ \xi_i^{opt} - 1$ – интервал постоянной распространения оптимальной антенны длиной L_i и постоянной распространения в вакууме k_0, $\Delta_i = \Gamma_{opt}^{i} - k_0$ – максимальный интер-

вал замедления, $\Delta_i^n = \frac{\Delta_i}{N}$ - подинтервал, N – число разбиений максимального интервала, принято равным 10.

Постоянная распространения излучающего тока $\Gamma_i\ z$ и замедление $\xi_i(z)$ связаны формулой

$$\Gamma_i\ z\ = k_0 \cdot \xi_i\ z\ . \quad (1)$$

1.Расчетные формулы

Постоянная распространения излучающего тока $\Gamma_i(z)$ в соответствии (1) записывается в виде:

$$\Gamma_i^{\ 2}\ \ z\ \ = \ \ \Gamma_{opt}^i - p\Delta_i^n\ \ + n\Delta_i^n \sin(\frac{mnz}{L_i}), \quad (2)$$

$$\Gamma_i^{\ 3}\ \ z\ \ = \ \ \Gamma_{opt}^i - p\Delta_i^n\ \ - n\Delta_i^n \sin(\frac{mnz}{L_i}), \quad (3)$$

$$\Gamma_i^{\ 4}\ \ z\ \ = \ \ \Gamma_{opt}^i + p\Delta_i^n\ \ + n\Delta_i^n \sin(\frac{mnz}{L_i}), \quad (4)$$

$$\Gamma_i^{\ 5}\ \ z\ \ = \ \ \Gamma_{opt}^i + p\Delta_i^n\ \ - n\Delta_i^n \sin(\frac{mnz}{L_i}), \quad (5)$$

где $\Gamma_{opt}^i = k_0\ \ 1 + \frac{\lambda_0}{2L_i}\ $ – постоянная распространения излучающего тока на оптимальной антенне, $\Gamma_{opt}^i + p\Delta_i^n$ – среднее значение замедления, $k_0 = \frac{2\pi}{\lambda_0}$ – постоянная распространения в вакууме, λ_0 – длина волны в вакууме, принятая равной 3 см, $L_i = i \cdot \lambda_0$ – длина антенны в длинах волны, i – любое действительное число.

Расчет ДН и КНД соответственно выполняется по формулам [1, 2]

$$F\ \theta\ \ = \ \ \int_{Z=0}^{L_i} A(z) e^{jk_0 z \cos\theta - j\Gamma_i\ z\ z} dz\ , \quad (6)$$

где A(z) – амплитуда тока, принята равной единице.

$$D_i = \frac{2}{\int_{\theta=0}^{\pi} f_i^2(\theta) \sin\theta d\theta}\ , \quad (7)$$

где $f_i\ \theta\ $ – нормированная к своему максимуму ДН,

Расчеты проведены по разработанной программе, а также построены графики соответствующих функций ДН, КНД, уровня боковых лепестков.

2.Результаты расчета

Расчеты по формулам (2)-(5) были проведены для вариации постоянной распространения $\Gamma_i(z)$. Длина антенны изменялась в пределах от 0,5 до 10 длин волн, $n = 0 \ldots 10, m = 0{,}5 \ldots 10, p = 0 \ldots 5$.

На рис.1 приведены ДН антенны в случае расчета постоянной распространения по формуле (2) при $p = 0, i = 3$, m=2 при различных n.

На рис.2 приведена зависимость относительного уровня первого бокового лепестка (УБЛ1$(2)'$) от переменной n, в случае расчета постоянной

распространения по формуле (2), при $p = 0, i = 3$

$$\text{УБЛ1}(2)' = \frac{\text{УБЛ1}(2)}{\text{УБЛ}_{opt}},$$

где $\text{УБЛ1}(2)'$ - уровень первого бокового лепестка рассчитываемой антенны, УБЛ_{opt} – уровень первого бокового лепестка оптимальной антенны ($\text{УБЛ}_{opt} = 0{,}34$).

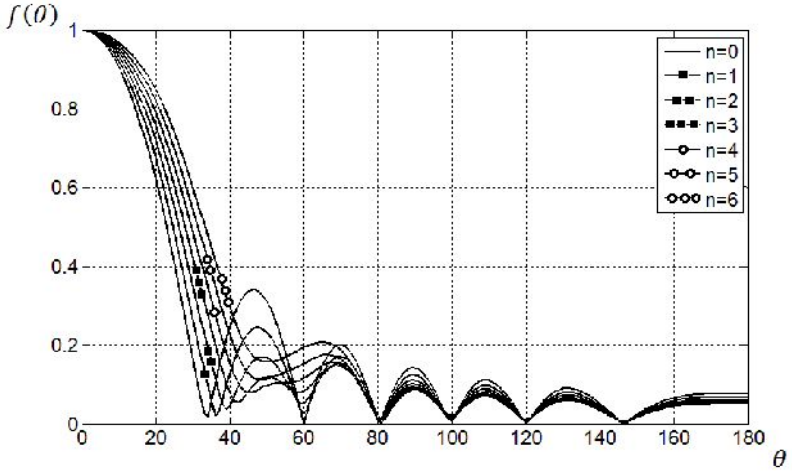


Рис.1

На рис.3 приведена зависимость относительного КНД $D'\ 2$ от переменной n, выражаемого формулой

$$D'\ 2\ = \frac{D_i(2)}{D_{opt}},$$

где $D_i\ 2$ – КНД рассчитываемой антенны при постоянной распространения, рассчитываемой по закону (2), D_{opt} - КНД оптимальной антенны (длина оптимальной антенны равна длине анализируемой, и n=p=0).

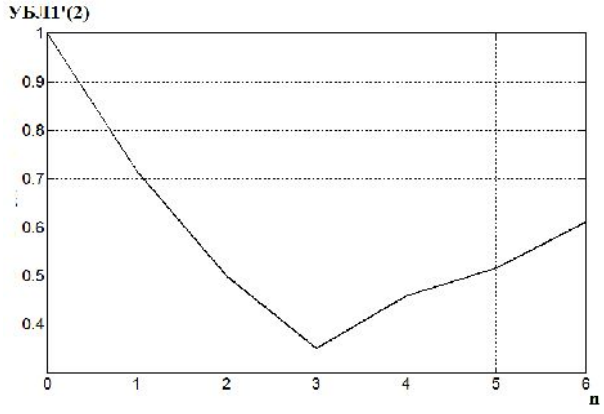


Рис.2

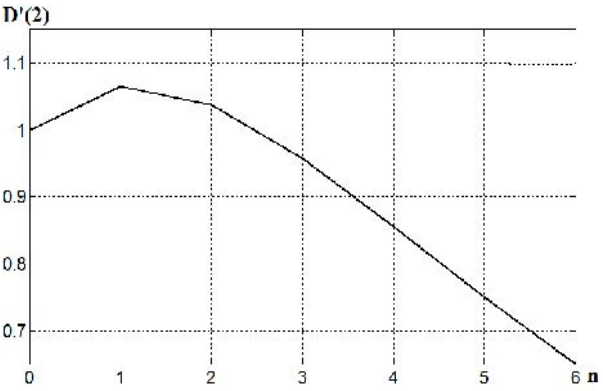


Рис.3

Диаграммы направленностей для случая (2) при i=3 и p=2 при вариации n показаны на рис.4, а для случая (2) при i=3 и p=3 при вариации n показаны на рис.5.

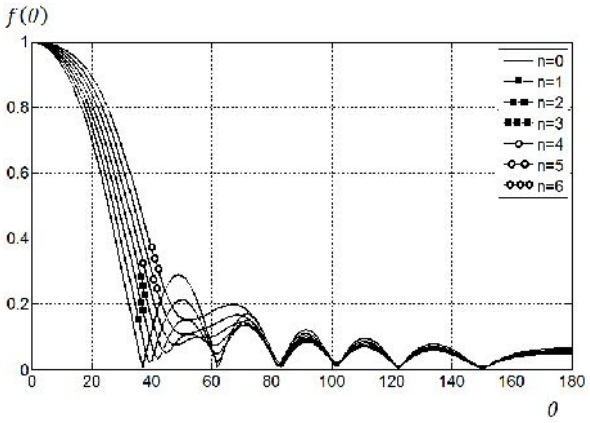


Рис.4

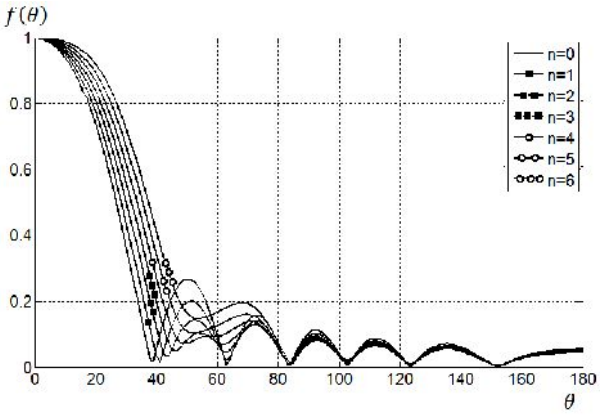


Рис.5

Диаграммы направленностей для случая (4) при i=3 и p=2 при вариации n показаны на рис.6, а для случая (2) при i=3 и p=3 при вариации n показаны на рис.7.

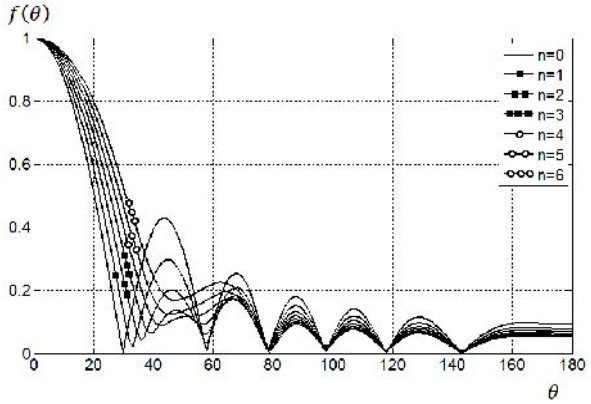


Рис.6

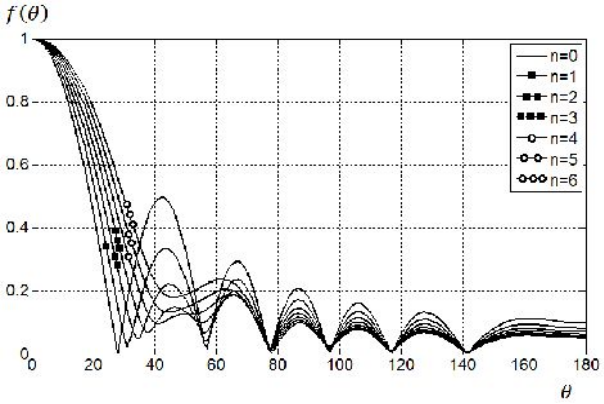


Рис.7

Графики УБЛ1(2)′(z) при p=1,2,3 показаны на рис.8, а графики относительного значения D' 2 для случая (2) показаны на рис.9.

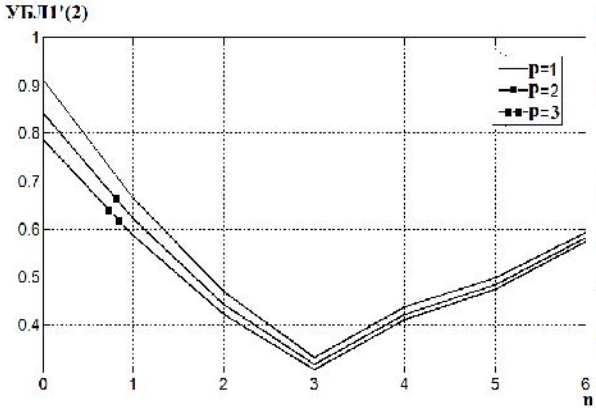


Рис.8

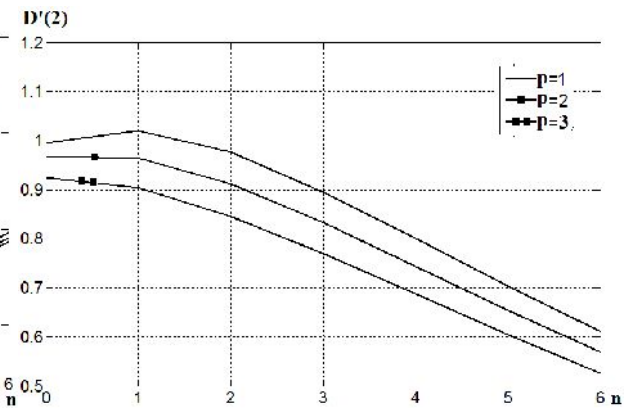


Рис.9

Графики УБЛ1$(4)'$(z) при p=1,2,3 показаны на рис.10, а графики относительного значения D' 4 для случая (4) показаны на рис.11.

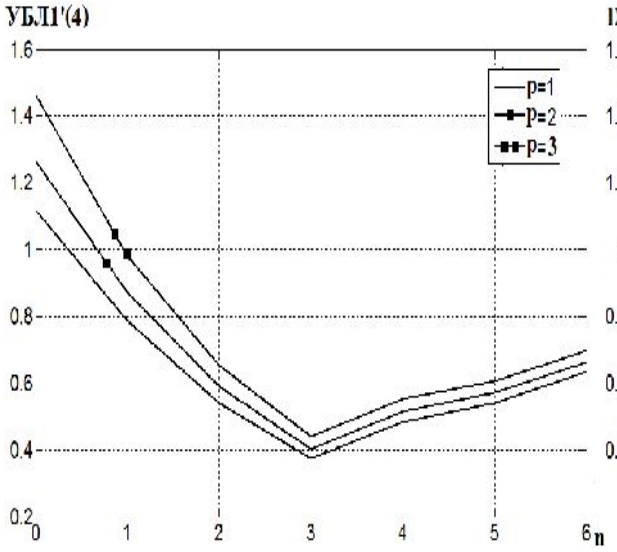


Рис.10

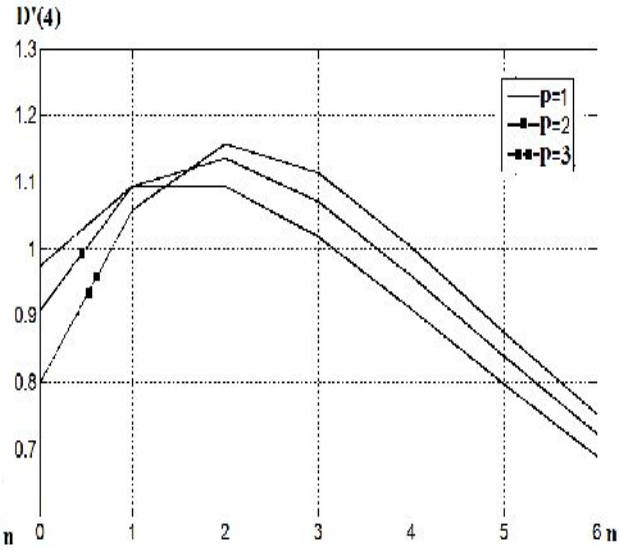


Рис.11

Из приведенных графиков видно, что в рассматриваемых случаях ширина основного лепестка рассчитываемой антенны увеличивается по сравнению с шириной лепестка оптимальной антенны. Направления с нулевым излучением отсутствуют. Только в случае $m = 2, n \leq 4$ и $p \leq 4$ уровень первого и второго лепестков уменьшается в 1,5 ... 3,0 раза при задании Γ_i z по формулам (2) или (4). В других случаях боковые лепестки всегда растут.

Сравнение результатов расчетов для случаев изменения Γ_i z по законам (2) и по (4) приводит к следующим выводам:

В случае закона (2), при p=0, УБЛ1 уменьшается приблизительно в 3 раза при изменении n, а КНД приблизительно возрастает на 6% при изменении n.

В случае закона (4), при p=1, УБЛ1 уменьшается приблизительно в 3 раза при изменении n, а КНД возрастает приблизительно на 12% при изменении n.

В случае закона (4), при p=3, УБЛ1 уменьшается приблизительно в 3,5 раза при изменении n, а КНД возрастает приблизительно на 15% при изменении n.

Полученные результаты качественно совпадают с общей теорией антенн бегущей волны с постоянной замедленной фазовой скоростью.

В случае если Γ_i(z) изменяется по формуле (2), то среднее значение замедления убывает, что приводит к расширению основного лепестка диа-

граммы направленности и уменьшению уровня первого бокового лепестка, по сравнению с оптимальной антенной. Здесь согласованно действуют два фактора: замедление $\xi_i(z)$ изменяется по синусоидальному закону и убывает по отношению к случаю оптимальной антенны, при m=2 и малом значении переменных n и p.

Следует отметить, что в случае, когда замедление растет в начале антенны (у точки питания, как в случаях (2) и (4)), уровень бокового излучения рассчитываемой антенны становится меньше, чем у оптимальной. КНД в этом случае не меньше, чем у оптимальной, что коррелирует с синтезированными антеннами, описанными в [5], однако их электрические параметры оказываются существенно выше, чем в нашем случае.

3.Выводы

В случае изменения $\Gamma_i\ z$ по законам (2) и (4) более предпочтительным является закон (4).

В этом случае КНД рассчитываемой антенны в области $n \leq 4$ возрастает на 15% по отношению к КНД оптимальной антенны, а уровень первого бокового лепестка уменьшается в 1,5-2,5 раза.

Таким образом, возникает возможность создать антенну, у которой габаритные размеры будут такими же, как у оптимальной антенны, уровень первого бокового лепестка станет меньше, чем у оптимальной, в 1,5-2,5 раза, а КНД будет больше на 15%.

В случае (2) уровень первого бокового лепестка будет в 3 раза меньше, но КНД также уменьшится примерно на 15% при $n \leq 2$, $p \leq 3$.

Полученные результаты при одинаковых законах постоянной распространения $\Gamma_i\ z$, не зависят от переменной i при равных p и n.

Библиографический список

1. Фрадин А.З. Антенны сверхвысоких частот. М.: Связь, 1977. – 440 с.

2. Никольский В.В. Антенны. М.: Связь, 1966. – 368 с.

3. Воскресенский Д.И. Антенны и устройства СВЧ. М.: Советское Радио, 1972. – 315 с.

4. Кюн Р. Микроволновые антенны. М.: Судостроение, 1967. – 518 с.

5. Айзенберг Г.З. Антенны УКВ. Т.1. М.: Связь. 1977. – 699 с.

6. Терешин О.Н., Седов В. М., Чаплин А. Ф., Синтез антенн на замедляющих структурах. М.: Связь, 1980. – 136 с.

7. Нефедов Е.И. Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства. М.: Академия, 2010. – 320 с.

УДК 681.5.08

МОБИЛЬНАЯ СИСТЕМА СБОРА ДАННЫХ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ИСТОЧНИКОВ ВТОРИЧНОГО ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ

Жуков А.Н., Петров В.А., Смирнов В.А., Соколов А.С., Тамбовский С.С., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Введение

Современная мобильная радиотехническая аппаратура различного назначения широко использует батарейное электропитание в качестве первичного источника энергии. В источнике вторичного электропитания (ИВЭ) напряжение батареи преобразуется в напряжение постоянного тока различных величин. Для диагностики и настройки ИВЭ необходимы мобильные многоканальные системы сбора и обработки данных (ССОД), которые могут работать в полевых условиях. Такие условия часто предполагают отсутствие доступных внешних источников электропитания. В настоящей статье представлена ССОД на основе компьютера типа Notebook, батарея которого может обеспечить электропитанием не только сам компьютер, но также и все компоненты системы сбора данных.

В последние годы в практику радиотехнического эксперимента все шире внедряются автономные модули АЦП/ЦАП, подключаемые к компьютеру через интерфейс USB и получающие от шины USB электропитание. Малое энергопотребление таких модулей позволяет организовать их совместную работу с ноутбуком в течение часа и более, что является вполне достаточным для проведения полевых испытаний радиоаппаратуры.

Ввиду многообразия задач, которые возникают при таких испытаниях, необходимо сократить временные затраты на разработку или адаптацию компьютерных программ для проведения конкретных испытаний. Это может быть сделано, если программирование системы сбора и обработки данных осуществлять в среде LabVIEW. Нужно только, чтобы измерительный АЦП/ЦАП модуль имел соответствующий драйвер.

1. Измерительная аппаратура

Исследование ИВЭ предполагает наличие в функциональной схеме исследуемого радиотехнического устройства нескольких источников сигналов. Каждый источник сигнала должен подключатся к модулю сбора данных посредством специальной согласующей цепи, схема которой отражает тип подключения к АЦП (однополюсный, дифференциальный, псев-

до-дифференциальный). В согласующей цепи могут быть также отражены способы повышения помехозащищенности и достоверности сбора данных, усилители или аттенюаторы, электрические развязки между каналами для исследования и мониторинга характеристик нескольких радиотехнических устройств одновременно.

Практически всем этим требованиям отвечает автономный USB модуль E14–140 компании L-CARD [1], который к тому же обладает простотой использования, широкой доступностью и современной элементной базой. Входной аналоговый тракт АЦП модуля, состоящий из управляемых коммутатора и усилителя, выполняет функцию входной коммутации каналов и поканальной установки коэффициента усиления. Программируемая входная коммутация позволяет гибко настроить E14–140 на необходимый режим, определяемый способом подключения входных сигналов. Количество опрашиваемых входных каналов может быть настроено от 1 до 16 при дифференциальном и до 32 при однофазном подключении сигналов. Калибровочные коэффициенты, хранящиеся в Flash-памяти микроконтроллера AVR, позволяют учесть не только смещение нуля, но и ошибки шкалы (коэффициента усиления) аналогового тракта на каждом диапазоне.

Компоновка созданной ССОД показана на рис. 1.

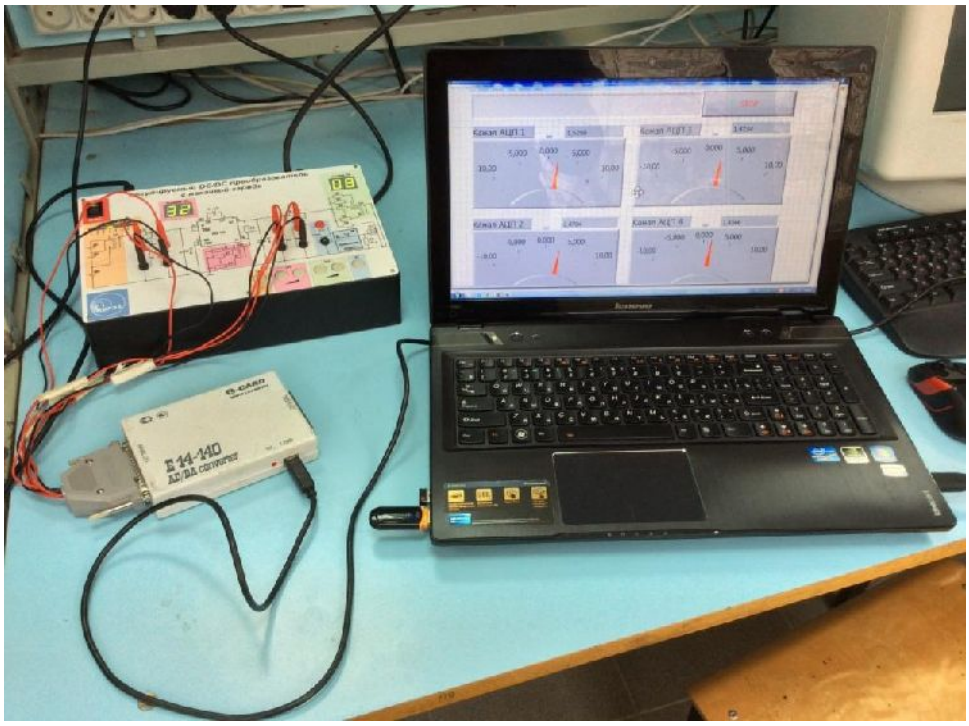


Рис.1

Важное значение имеет обеспечение помехозащищенности измеряемых сигналов. С этой целью реализован дифференциальный тип подключения источников сигналов к модулю посредством специальной согласующей

цепи. При таком подключении нескольких однофазных источников напряжения к группе дифференциальных входов подключение к каждому источнику является трехпроводным, а их общие провода соединяются только в одной точке – непосредственно на аналоговой земле (AGND) прибора.

В настоящей работе в качестве исследуемого ИВЭ был взят регулируемый DC-DC преобразователь с накачкой заряда [2]. При его исследовании необходимо использовать 4 канала для измерения входных и выходных напряжений и токов [3]. Для того, чтобы уменьшить влияние внешних помех и избавиться от взаимного влияния каналов друг на друга, неиспользуемые каналы модуля заземлены на AGND.

2.Программное обеспечение

Графическое программирование в среде LabVIEW было использовано при разработке программы в настоящей работе. Данная среда позволяет создать виртуальный прибор, включающий в себя лицевую панель, описывающую внешний интерфейс прибора, и блок–диаграмму, с помощью который задается алгоритм работы данного прибора и его реализация. Изображение лицевой панели можно видеть на экране ноутбука (рис.1), а блок–диаграмма показана на рис. 2.

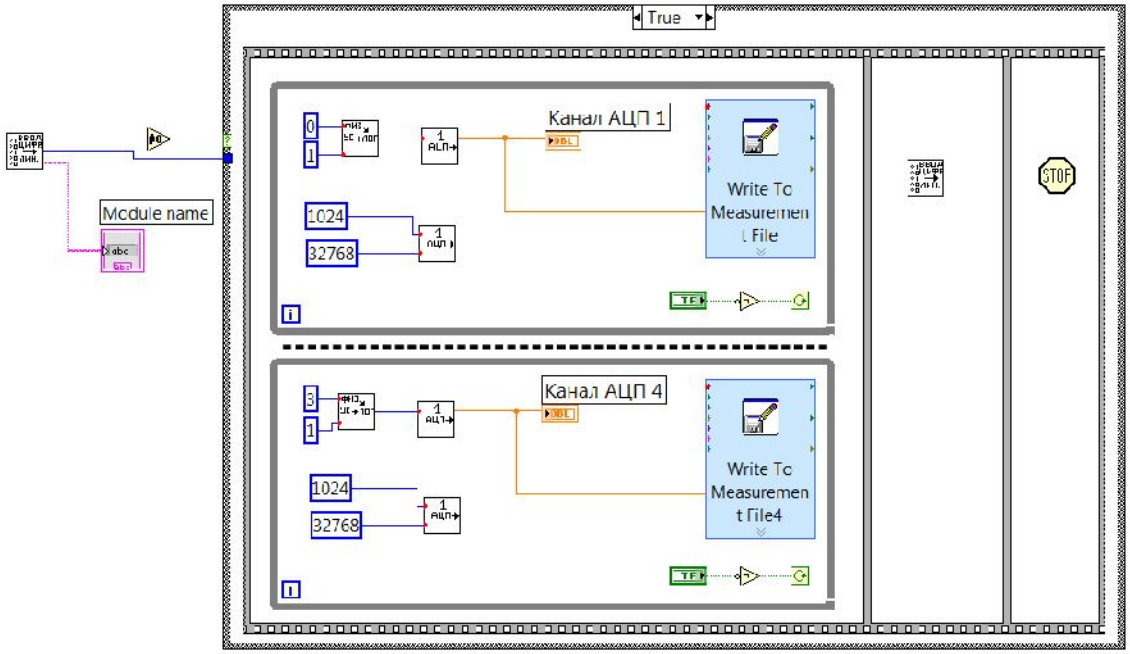


Рис.2

Основной идеей, заложенной при разработке программы, являлась организация записи измеряемых данных в четыре отдельных файла, каждый из которых соответствует одному измерительному каналу. При этом

предусмотрены режимы завершения работы при ошибках, связанных с отключением прибора или ошибками его идентификации. Необходимо отметить сделанное в работе серьезное упрощение блок–диаграммы при использовании библиотеки L-Card, специально предназначенной для работы с данной серией измерительных модулей в среде LabVIEW.

Вначале программа производит распознавание портативного модуля, и если модуль распознан, то начинается сбор данных. В общем цикле находятся четыре дополнительных цикла, соответствующие процессу сбора данных с каждого канала по отдельности. В каждом цикле сбора данных задаются логические номера каналов, тип канала (дифференциальный или с общей землей), коэффициент усиления и параметры файла, в который будет производиться запись.

3.Результаты измерений

С помощью разработанного программного продукта и автономного USB модуля E14–140 компании L-CARD были произведены измерения входных и выходных нагрузочных характеристик ИВЭ с накачкой заряда. Пример одного из полученных результатов приведен на рис.3.

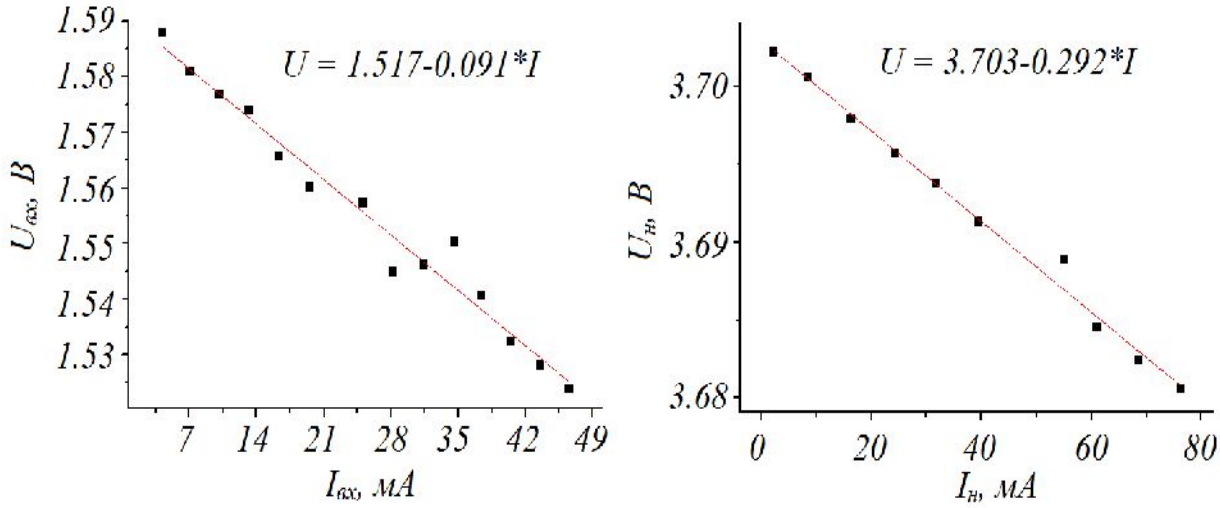


Рис.3

4.Заключение

С каждым годом происходит постоянный рост потребностей по внедрению и использованию мобильных систем сбора и обработки данных, при этом в целях сохранения конкурентоспособности многие инженерные задачи нужно решать в кратчайшие сроки. Настоящая работа подтвердила, что графическая среда LabVIEW предоставляет необходимый набор инструментов для быстрой разработки подобных систем, отличаясь

от других сред легкостью освоения и простым процессом создания или адаптации программ к решению новых задач.

Однако LabVIEW является средой с закрытым исходным кодом и в ней отсутствует гибкость разработки программного обеспечения. Другими словами, если нужная функция отсутствует в библиотеке, ее необходимо составить самому из предложенных библиотечных функций или искать альтернативное решение, что приводит к определенным трудностям при разработке виртуальных приборов.

В настоящее время проводится работа по дальнейшему развитию программного обеспечения системы с целью улучшения пользовательского интерфейса (выбор пользователем количества измерений, экстренное завершение работы) и реализации возможности автоматического усреднения измеряемых величин при их многократных измерениях. Последнее очень важно в случае исследований импульсных ИВЭ вследствие заметных пульсаций их выходного напряжения.

Библиографический список

1. E14-140. Руководство пользователя. – М.: L-CARD, 2009, –37 с.
2. Битюков В.К., Богатов А.В., Михневич Н.Г., Петров В.А. Исследование характеристик стабилизированных источников электропитания, построенных на базе регулируемых DC-DC преобразователей с накачкой заряда / Наукоемкие технологии, 2012. № 5, с. 5 – 12.
3. Битюков В.К., Петров В.А. Стабилизированные источники вторичного электропитания, построенные на базе регулируемых DC-DC преобразователей с накачкой заряда. Методические указания по выполнению лабораторной работы. № 1287. М.: МГТУ МИРЭА, 2014. – 20 с.

УДК 621.396.673

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТНОГО И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ АНТЕННЫ С РАСШИРЯЮЩЕЙСЯ ЩЕЛЬЮ

Маслов С.Ю.[3], Горин К.А.[1,3], Жуков А.Н.[1,3], Жуков Р.В.[2,3]
[1]МГТУ МИРЭА, [2]МАИ (НИУ), [3]ФГУП «ЦНИРТИ им. академика А.И. Берга»

Задача обеспечения низкого уровня коэффициента стоячей волны (КСВН) в широкой полосе частот для передающих антенн остается актуальной. При этом в заданном объеме размещения, необходимо обеспечивать широкую диаграмму направленности (ДН) во всём рабочем диапазоне. Цель данной работы – дать оценку результатов расчетных и экспери-

ментальных характеристик антенны с расширяющейся по экспоненте щелью. Антенну с расширяющейся по экспоненте щелевой линией, в литературе принято называть антенной Вивальди (АВ) [1]. На рис.1 представлен внешний вид такого устройства.

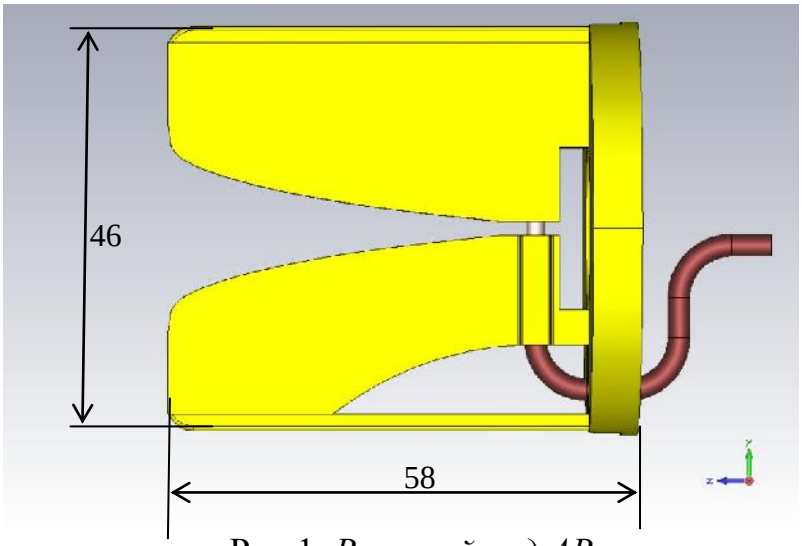


Рис.1. *Внешний вид АВ*

Антенна была разработана для использования в ограниченных объемах размещения, малогабаритных радиотехнических станций для передачи сигналов мощностью до 100 Вт. Исходным уравнением для задания геометрического профиля расширяющейся щели является уравнение, представленное в статье [2]. К полученной экспоненте была применена кусочно-линейная аппроксимация, задан максимальный размер по высоте 60 мм и ширине 50 мм. Конечная конструкция с размерами по высоте и ширине 58х46 была получена путем применения встроенных алгоритмов оптимизации использованной программы моделирования EMPro. Характеристики конструкции антенны были исследованы экспериментально.

АВ представляет собой излучатель, имеющий сверхширокую полосу согласования, выполненный в виде щелевой линии. Данная антенна обеспечивает низкий уровень КСВН на входе в диапазоне частот С – Х. На рис.2 представлены графики теоретической и экспериментальной зависимости КСВН от частоты.

В теоретических расчётах КСВН в С-диапазоне не превышает значения 1,85, и в Х-диапазоне не превышает 1.67. По полученным экспериментальным результатам КСВН в С-диапазоне не превышает значения 1,77, и в Х-диапазоне не превышает 2,6.

На рис. 3-5 представлены формы диаграмм направленности АВ в азимутальной и угломестной плоскостях (слева и справа соответственно) на частотах 4 ГГц, 8 ГГц и 12 ГГц.

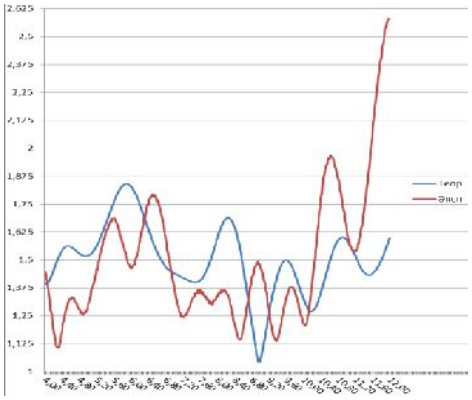


Рис.2. Зависимость КСВН от частоты на входе антенны

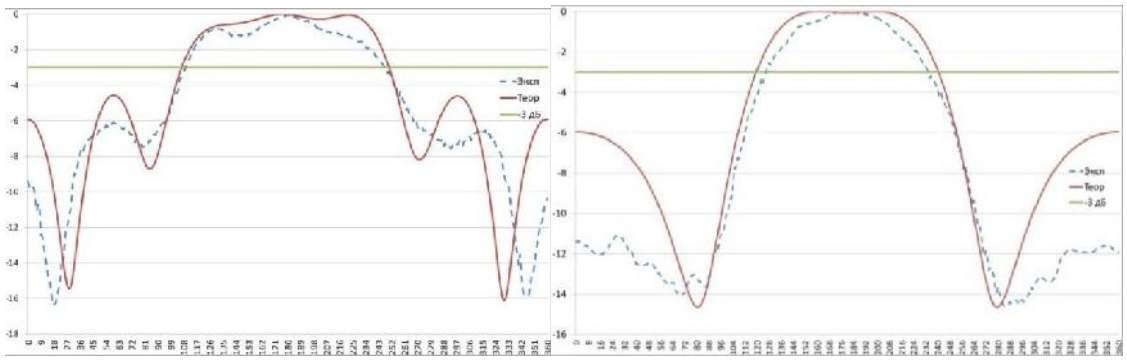


Рис.3. *4 ГГц*

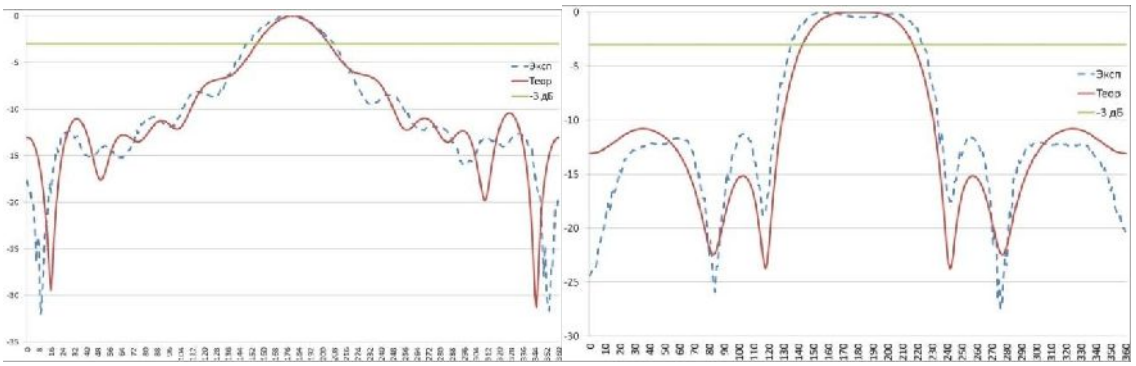


Рис.4. *8 ГГц*

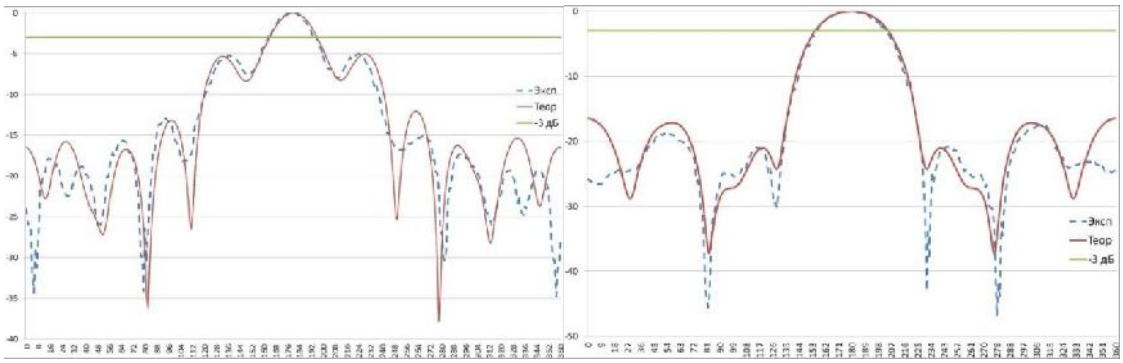


Рис.5. *12 ГГц*

В таблице ниже приведены сведения о ширинах ДН.

Таблица

Частота, f (ГГц)	Ширина ДН теоретическая по уровню -3 дБ, $\theta_т$° (град)	Ширина ДН экспериментальная по уровню -3 дБ, $\theta_э$° (град)	Разница, $\theta_э - \theta_т$ (град)
ДН в азимутальной плоскости			
4	144°	138°	-6°
8	48°	58°	+10°
12	31°	32°	+1°
ДН в угломестной плоскости			
4	121°	107°	-14°
8	74°	89°	+15°
12	50°	47°	-3°

Разница между шириной ДН показывает, на сколько полученные экспериментально результаты отличаются от теоретических данных.

Максимальное отличие экспериментально полученной ширины ДН от теоретической заметно на частоте 8 ГГц в угломестной плоскости (+15°) и на частоте 4 ГГц в той же плоскости (-14°). Минимальное – на 12 ГГц в азимутальной плоскости (+1°) и на 12 ГГц в угломестной плоскости (-3°).

При расчете передающих АВ необходимо учитывать возможные отклонения значений КСВН от результатов будущего эксперимента. Как видно из графика рис. 2, в X-диапазоне экспериментальных значений имеется 2 ярко выраженных максимума на 10,5 и 12 ГГц. Всплески КСВН в этом диапазоне обычно связаны со швами от спаек элементов конструкции антенны или с несоответствием точности изготовления деталей, с точностью, заложенной в конструкторской документации. В теоретической модели антенны не учитывается нанесение гальванического покрытия (ГП). Моделирование с учётом нанесения ГП может быть проведено, но такой расчёт требует больших вычислительных мощностей.

Библиографический список

1. Куприц В.Ю., Мещеряков А.А., Крутиков М.В. Широкополосные антенные решетки с элементами Вивальди для систем радиомониторинга // Доклады ТУСУРа. -2011. -№1(23).- ч.2. -с.18-21.

2. Aslanov T.G., Zhukov A.N. Choice of geometry of directional lobes of Vivaldi, depending on the base width of the radiation pattern and a frequency band // IX International Conference on Antenna Theory and Techniques, pp.

352-354, Sep. 2013.

3. Фролов, А.А. Моделирование характеристик антенн СВЧ-диапазона / А.А. Фролов, С.В. Гирич, В.П. Заярный // Изв. Волгоград. гос. ун-та. – 2008. – № 4. – С. 112–114.

4. Антенны и устройства СВЧ. Сборник задач. Учеб. пособие / В.Ф. Хмель, А.Ф. Чаплин, И.И. Шумлянский – 2-е изд., перераб. и доп. – К . Высшая шк., 1990 – 232 с.

5. Ryazanov, A.A. Byakin, O.A. Belousov. Analysis and Synthesis of Broadband Planar Slot Antenna with an Exponential Change in Width of the Gap for Broadband Access Systems I.G.// Tambov State Technical University, Tambov 2013.

УДК 621.311.2

ВЫПРЯМИТЕЛЬ-ИНВЕРТОР МОЩНОСТЬЮ 100 КВТ

Михеев С. В., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Актуальность проблемы и постановка задачи

Особенностью работы любой электроэнергетической системы является одномоментное производство и потребление электроэнергии. Отсюда следует необходимость равенства мощности колебаний, генерируемых источниками, питающими сеть, и мощности, расходуемой потребителями энергии. Нарушение такого равенства приводит к изменению параметров сети по напряжению и частоте, а при повышенном отклонении – к потере динамической устойчивости и нарушению нормального функционирования системы.

Основным типом накопительных станций являются гидроаккумулирующие станции. Одним из главных недостатков гидроаккумулирующих станций состоит большом отчуждении площадей. Поэтому предлагается разработать накопительную электростанцию электронно-конденсаторного типа в которой в качестве накопительных элементов используются ионисторы.

Ключевые слова: ионисторы, накопительные электростанции электронно-кондесаторного типа.

Принцип построения

Принцип построения элеткронно-конденсаторной электростанции структу- рная схема этой станции представлена на рис.1.

Накопление электрической энергии производится в конденсаторах сверхв- ысокой емкости называемых ионисторами, выпускаемых фир-

мой «Electronic Parts and Components» (EPCOS AG).

Ионистор представляет собой электрохимическое устройство , конденсатор с органическим или неорганическим электролитом, «обкладками» в котором служит двойной электрический слой на границе раздела электрода и электролита. Функционально представляет собой гибрид конденсатора и химического источника тока.

Электролит в таком конденсаторе служит раствор соли щелочных металлов в органическом растворителе. Подобный конденсатор емкостью в 1200 Ф напряжением 2,5 В имеет удельную емкость 4 Ф/см^3 и запасаемую энергию в 13 Дж/ см^3 . По 1-му параметру превышение по отношению к обычному конденсатору (бумажному или керамическому) составляет более одного миллиона раз, по 2-му – около тысячи раз.

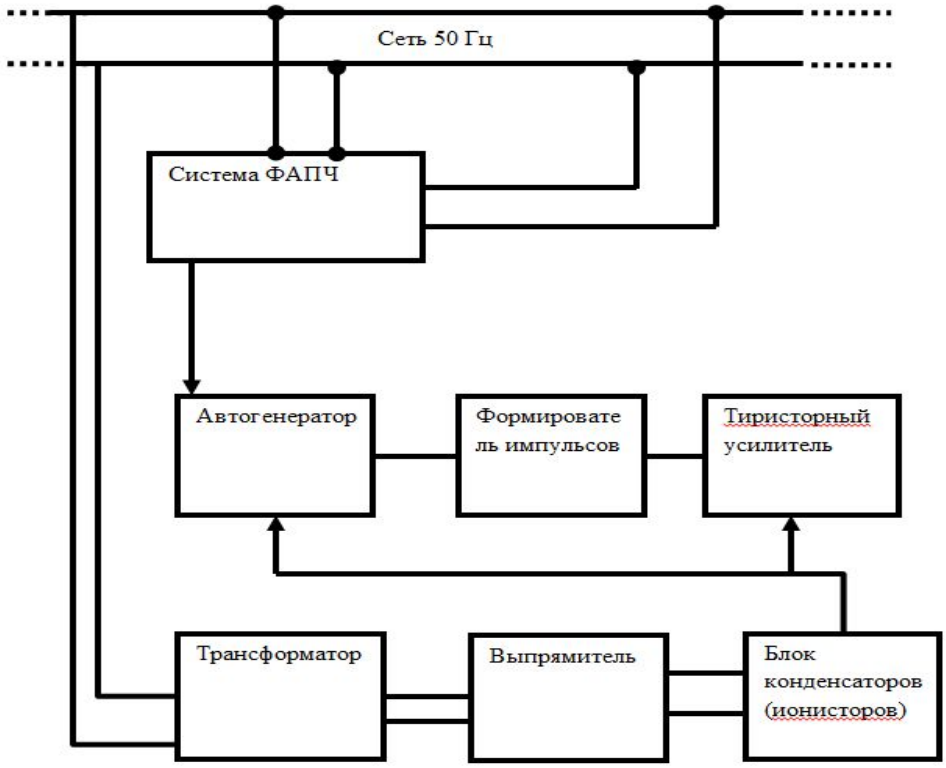


Рис.1. Структурная схема накопительной станции электронно-конденсаторного типа

Определим требуемую мощность конденсаторов для генерирования мощности в 100 кВт.

Исходя из энергии накапливаемой в конденсаторах (1)

$$W = \frac{C*\upsilon^2}{2} \qquad (1)$$

Из (1) получим для требуемой величины ёмкости (2)

$$C = \frac{W*2}{\upsilon^2} = \frac{\mathrm{P}*\mathrm{t}*2}{\upsilon^2}. \qquad (2)$$

При $\upsilon = 35$ В ; P=10^5Вт=100 кВт; t=3 часа=10800 сек,

W=P*t=10^5*10800=1080000000=108*10^7 Дж.

Из (2) получим требуемую мощность конденсаторов для генерирования мощности 100 кВт:

$$C = \frac{108*10^7*2}{35^2}$$=1763255 Ф.

Тиристорный генератор с внешним возбуждением

Для повышения КПД и надежности работы в качестве инвертора-преобразователя напряжения постоянного тока в ток с частотой 50 Гц предлагается использовать инвертор на тиристорах рис.2.

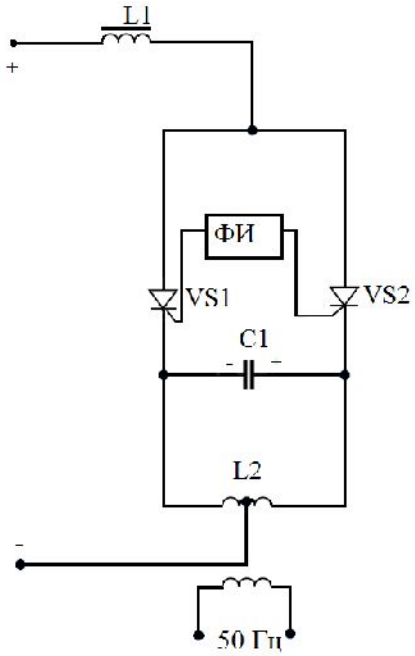


Рис.2. Инвертор на тиристорах

Определим параметры данной схемы для получения напряжения синусоидальной формы.

Комплексный коэффициент передачи K(f)

$$\mathrm{K(f)} = \frac{\mathrm{zL0\ \ (f)}}{\mathrm{zL0\ \ (f)+zL1\ \ (f)}}, \qquad (3)$$

где

$$\mathrm{zL1_{(f)} = j*2*\pi*f*L1\ \ +R;}$$

$$\mathrm{zL2_{(f)} = j*2*\pi*f*L2\ \ +R;}$$

$$\mathrm{zL0\ \ (f) = \frac{[zL1\ \ f\ *\ zC1\ f\ \ +zL2\ \ f\ ]}{(zL2\ \ f\ )*2+zC1\ f}}$$

при j= $\overline{-1}$; L1 $= 1$Гн ; L2 $=$ L1 $*$ 5 Гн; R=10 Ом;C1=(10^{-6})*1.5 Ф.

Амплитудно-частотная характеристика A(f)=|K(f)| построена на рис.3.

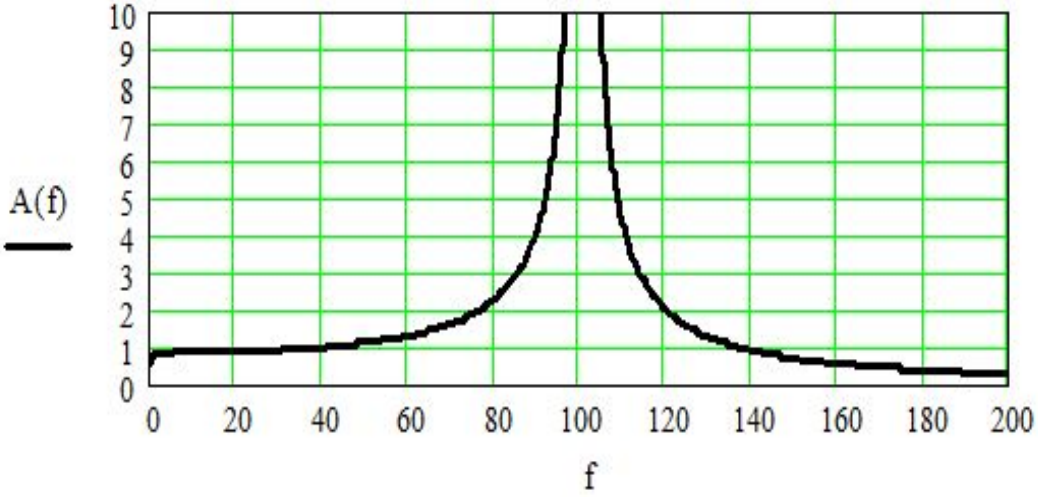


Рис.3. Амплитудно-частотная характеристика

Переходную характеристику определяем $\Phi_К$ определяем по формуле (4)

$$\Phi_К = \frac{2}{\pi} \int_{0.0001}^{200} \frac{D(f)}{f} * \sin(2 * \pi * f * t_k) df. \qquad (4)$$

Переходная характеристика $\Phi_К$ построена на рис.4.

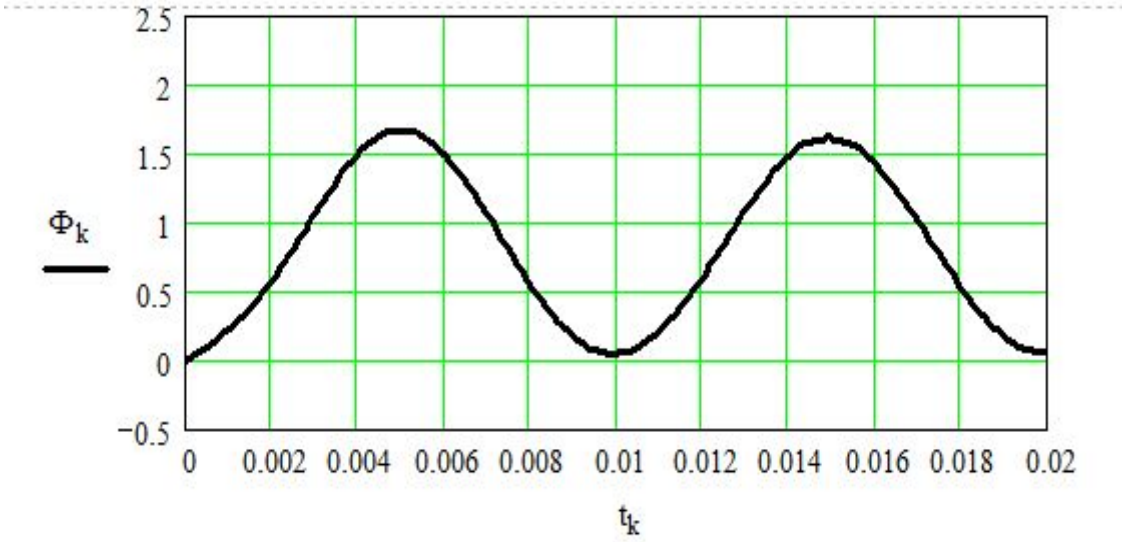


Рис.4. Переходная характеристика

Тиристорный генератор включается подачей входного напряжения uh(t) рис.5, тиристор Φ_1 включается подачей импульса на управляющий электрод и выключается за счет падения напряжения до нуля на аноде и включением тиристора Φ_2 через π или 0.01 с рис.5. В результате попеременного переключения тиристоров образуется выходное напряжение синусоидальной формы.

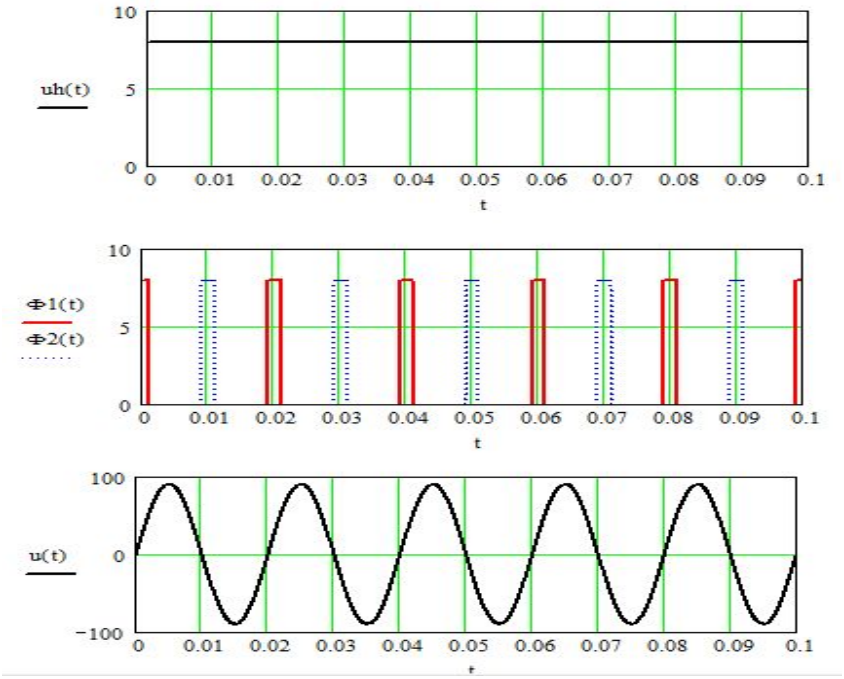


Рис.5. Формирователь импульсов

Из этого следует, что выбранные параметры обеспечивают получение синусоидальных колебаний рис.5.

Проведен анализ работы тиристорного генератора с внешним возбуждением при помощью компьютерной программы MathCad, в которой были произведены расчеты формул и построены графики.

Заключение

Рассмотрены принципы построения накопительной электростанции нового типа с применением в качестве накопительных элементов ионисторов. Проведен компьютерный анализ работы тиристорного генератора с внешним возбуждением.

Библиографический список

1. Астахов Ю.Н. и др. Накопители энергии в электрических системах. - М.:Энергия,1989.

2. Синюгин В.И., Магрук В.И. Родионов В.Г. Гидроаккумулирующие электростанции в современной электроэнергетике. - М.:ЭНАС,2008.

3. Каганов В.И. Электрическая сеть с накопителями энергии емкостного типа // Энергобезопасность и энергосбережение -2014.-№4.-С. 31-35.

4. Каганов В.И. Радиотехнические цепи и сигналы (компьютеризированный курс). - М.:ФОРУМ-ИНФРА-М, 2005.

УДК 621.311.6

РАБОТА СТАБИЛИЗИРОВАННОГО ИСТОЧНИКА ВТОРИЧНОГО ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ НА ОСНОВЕ МИКРОСХЕМЫ MAX1759 С НАКАЧКОЙ ЗАРЯДА В РЕЖИМЕ ПОНИЖЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ

Миронов А.В., Петров В.А.
МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Введение

Преобразователи с накачкой заряда применяются в малогабаритных источниках вторичного электропитания, как правило, получающих энергию от литий-ионных батарей. С помощью таких преобразователей можно получить стабилизированное выходное напряжение как выше, так и ниже напряжения батареи. Невысокая стоимость и малые массогабаритные характеристики выгодно отличают их от преобразователей, имеющих другой принцип работы. Однако информации по таким преобразователям очень мало, а описания микросхем не позволяют понять алгоритм их работы и ознакомиться с некоторыми ключевыми характеристиками.

1.Цель исследования

Чтобы восполнить этот информационный пробел, на кафедре теоретической радиотехники и радиофизики МГТУ МИРЭА был разработан испытательный стенд, который в свою очередь вошел в состав учебно-исследовательского комплекса, позволяющий производить измерения нагрузочных и передаточных характеристик в широком диапазоне определяющих параметров при различных токах нагрузки. Результаты исследования характеристик DC-DC преобразователя, построенного на базе микросхемы MAX1759, были опубликованы в [1]. Но там были получены лишь характеристики микросхемы. Исследования алгоритма её работы не было проведено. Именно это исследование и было целью настоящей работы. Из-за ограничения по объему в данной статье представлены результаты изучения алгоритма работы микросхема MAX1759 лишь в режиме понижения входного напряжения.

2.Результаты и их анализ

Ключевым элементом схемы с накачкой заряда является «летающий» конденсатор. Он выполняет накопление и управляемый перенос энергии с входа на выход. Анализируя динамику изменения напряжения на конден-

саторе, можно исследовать метод накачки заряда и алгоритм работы микросхемы. С этой целью от обоих полюсов летающего конденсатора микросхемы были сделаны выводы, к которым подключался осциллограф.

Из описания микросхемы [2] следует, что в случае, когда выходное напряжение меньше входного, микросхема обеспечивает стабилизацию напряжения за счет работы в ключевом режиме, при котором отрицательный полюс «летающего» конденсатора накачки заряда постоянно подключен к «земле», а положительный полюс поочередно подсоединяется к батарее с $U_{вх}$, а затем к выходному конденсатору с $U_{вых}$, который подключен к нагрузке (рис.1). Однако продолжительность этих стадий не указана.

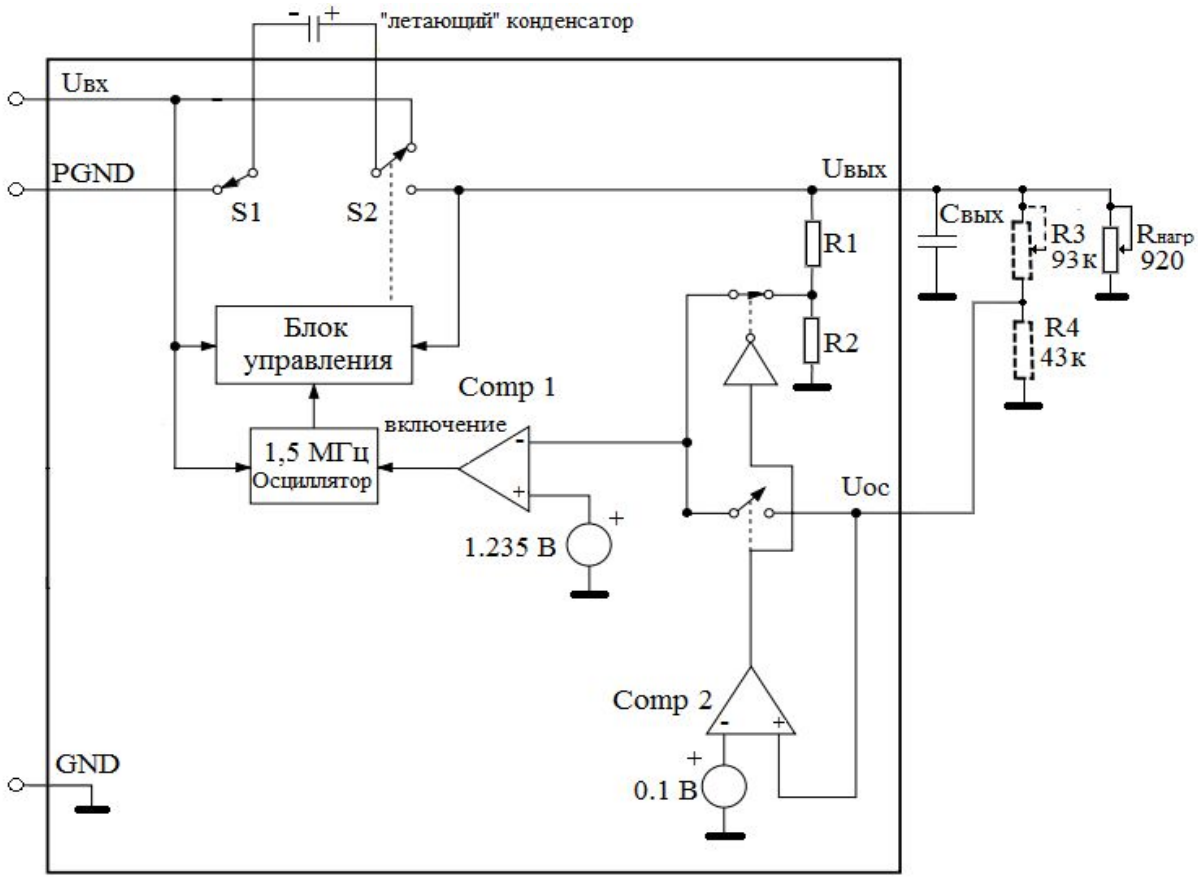


Рис.1. Структурная схема подключения MAX1759 в режиме понижения входного напряжения

Управление коммутацией ключа осуществляется блоком управления, на который от осциллятора поступают тактовые импульсы. Выходное напряжение микросхемы может регулироваться как от внутреннего делителя напряжения (R1-R2), так и от внешнего (R3-R4). В первом случае $U_{вых}$ будет иметь фиксированное значение 3.3 В, во втором $U_{вых}$ может регулироваться в диапазоне от 2.5 В до 5.5 В.

Компаратор Comp 2 сравнивает напряжение обратной связи $U_{ос}$ с эталонным (0.1 В) и если оно меньше 0.1 В, то выходное напряжение преобразователя регулируется внутренним делителем напряжения, если больше – то внешним. Напряжение с делителя $U_{ос}$ попадает на компаратор Comp 1 и сравнивается с опорным эталонным напряжением ($U_{оп}$ 1.235 В). Из описания микросхемы не ясно, является ли это значение нижним или верхним пределом регулировки выходного напряжения.

С целью выяснения упомянутых выше факторов были зарегистрированы формы переменных составляющих напряжения на летающем конденсаторе $U_{лет}$ и напряжения на выходе $U_{вых}$. В качестве примера на рис.2 показаны три пары таких значений при разных выходных токах $I_{вых}$, равных 25, 33 и 40 мА. Напряжение $U_{вх}$ 5.2 В, а $U_{вых}$ 3.3 В. Из этого рисунка видно, что время разряда $C_{лет}$ точно соответствует времени повышения напряжения $U_{вых}$. После этого немедленно начинается спад $U_{вых}$ и повышение $U_{лет}$. Спад $U_{вых}$ продолжается в течение времени, много большего периода импульсов осциллятора. Длительность спада зависит от величины выходного тока.

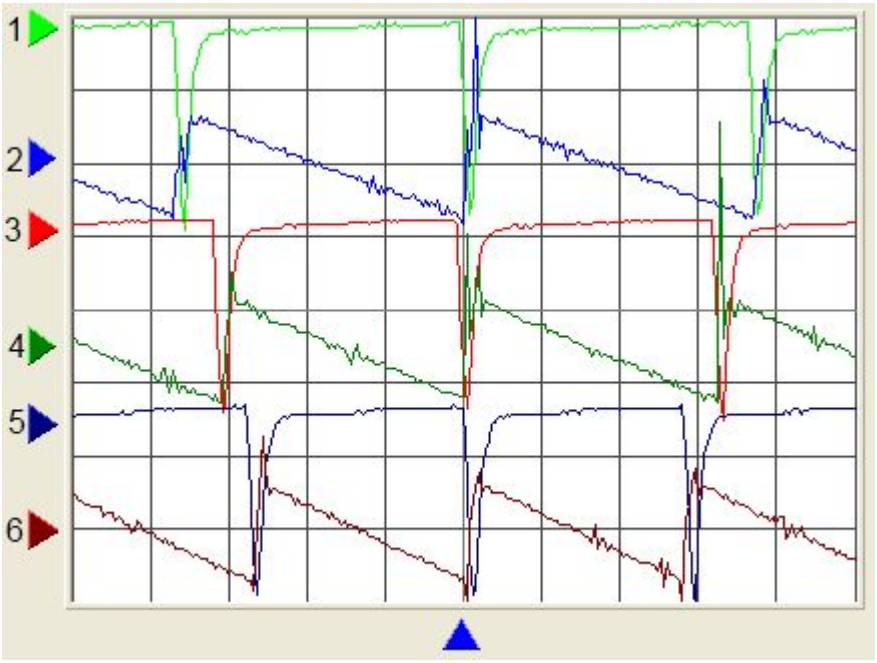


Рис.2. Формы переменных составляющих напряжений:
1, 3, 5 – $U_{лет}$, 500 мВ/дел; 2, 4, 6 – $U_{вых}$, 50 мВ/дел; 5 мкс/дел

Поскольку напряжение с делителя попадает на компаратор Comp 1 и сравнивается с опорным эталонным напряжением ($U_{оп}$ 1.235 В), то из рис.2 можно заключить, что разряд летающего конденсатора начинается с того момента, когда $U_{вых}$ становится меньше $U_{оп}$. Когда напряжение с делителя превышает опорное, летающий конденсатор находится подключенным к $U_{вх}$.

На рис.3, в его средней части, более детально показано изменение напряжения на «летающем» конденсаторе при работе микросхемы в том же режиме понижения напряжения при различных токах нагрузки.

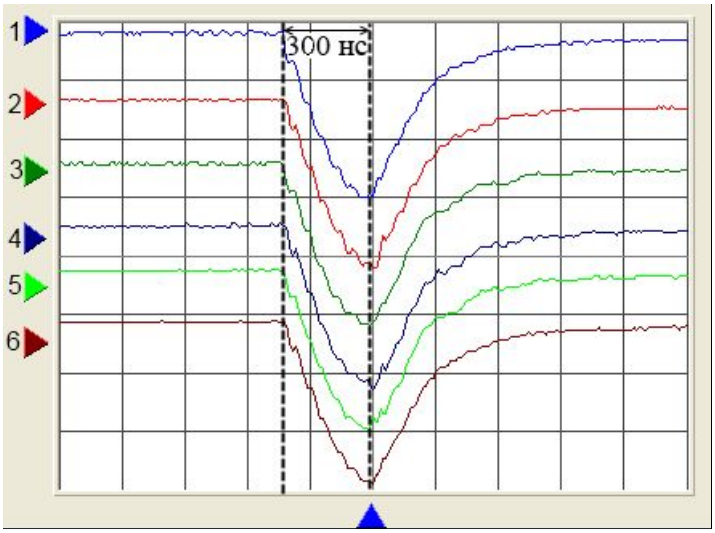


Рис.3. Формы переменной составляющей напряжения на «летающем» конденсаторе (500 мВ/дел., 250 нс./дел.) при различных токах нагрузки: 1 – 24 мА; 2 – 39 мА; 3 – 53 мА; 4 – 71 мА; 5 – 83 мА; 6 – 105 мА

Из рис.3 видно, что вне зависимости от тока нагрузки, время разряда «летающего» конденсатора остается постоянным и примерно равным 300 нс. В остальное время конденсатор подключен к $U_{вх}$.

3.Алгоритм работы микросхемы MAX1759

Проведенные исследования позволили получить алгоритм работы микросхемы. Его блок-схема показана на рис.4. Согласно этому алгоритму, вначале определяется, нужно ли понижать напряжение, и если $U_{вх}>U_{вых}$, то начинается работа в ключевом режиме. Управление коммутацией ключа осуществляется блоком управления, на который от осциллятора могут поступать импульсы тактовой частоты. Летающий конденсатор заряжается в течение половины периода тактового импульса. Затем он переходит в режим, который на рис.4 обозначен как “режим заряда $C_{лет}$”, в котором он находится постоянно подключенным к $U_{вх}$. При этом тактовые импульсы не поступают на схему управления. Когда компаратор Comp 1 обнаружит, что напряжение обратной связи $U_{ос}$, поступающее с делителя напряжения, становится равным опорному напряжению $U_{оп}$, летающий конденсатор отключается от $U_{вх}$ и подключается к $U_{вых}$. На рис.4 это обозначено как “режим разряда $C_{лет}$”. Тактовый импульс поступает от осциллятора на блок управления, и в течение половины этого импульса происходит разряд ле-

тающего конденсатора, то есть перенос его заряда к выходному конденсатору. По истечении половины тактового импульса летающий конденсатор вновь подключается к входному напряжению.

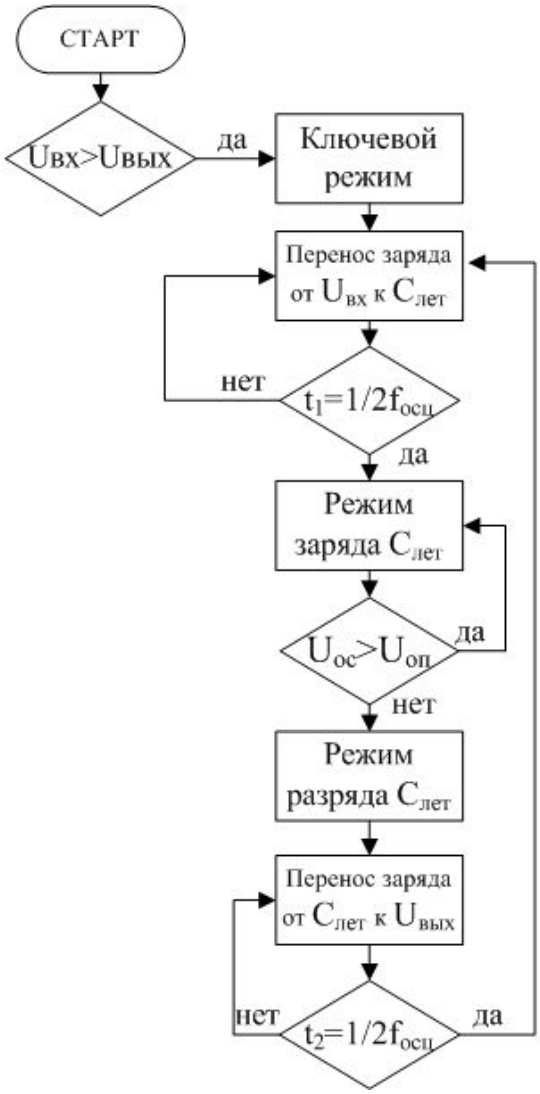


Рис.4. Блок-схема алгоритма работы MAX1759

4.Заключение

В результате проведенного исследования получен алгоритм работы микросхемы MAX1759 в режиме понижения входного напряжения. Дальнейшие исследования будут направлены на изучение алгоритма ее работы в режиме повышения напряжения.

Библиографический список

1. Битюков В.К., Богатов А.В., Михневич Н.Г., Петров В.А. Исследование характеристик стабилизированных источников электропитания,

построенных на базе регулируемых DC-DC преобразователей с накачкой заряда // Наукоемкие технологии. 2012. Т.13. № 5. С. 5–15.

2. Buck/Boost Regulating Charge Pump in μMAX, MAX1759, Data Sheet 19-1600. – Maxim Integrated Products, 2000. – 10 pp.

УДК 621.311

ИМПУЛЬСНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ДЛЯ ЭЛЕКТРОСТАРТЕРА ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Смирнов М.А., НГТУ

В статье приводятся рекомендации к проектированию импульсного преобразователя, согласующего элементы системы пуска ДВС по параметрам режима таким образом, чтобы токи и напряжения не выходили за оптимальные значения ни в одном элементе системы, что позволит экономить ресурс аккумуляторной батареи.

The article provides guidelines for the design of a pulse converter, the matching elements of the engine start-up mode in the parameters so that the currents and voltages do not exceed the optimal value of any single element of the system, which will save battery life.

Постановка задачи

Система пуска должна выполнять надежный запуск двигателя внутреннего сгорания (ДВС) в значительном диапазоне температур, предусматривать возможность нескольких попыток запуска ДВС, иметь приемлемые массогабаритные показатели.

При непосредственном соединении аккумуляторной батареи (АБ) в электрическую цепь со стартером, через АБ протекают большие значения токов, негативно сказывающихся на ее ресурсе.

В настоящее время для согласования характеристик предпочтительно использовать импульсное преобразование на полупроводниковых транзисторах.

Проектирование силовой цепи

Классически существует несколько схем гальваносвязанных импульсных преобразователей: Step Down Converter, понижающий напряжение, Boost Converter, повышающий напряжение, Buck-Boost Converter, подходящий для повышения и понижения напряжения. Более подробно о них описано у Семенова Б.Ю. [1]

Для ДВС малой мощности нецелесообразно использовать большое количество элементов КДЭС, и напряжение АБ, как правило, не превышает 24…26 В. В низковольтных цепях предпочтительно использовать силовые транзисторы MOSFET. В таких цепях суммарное напряжение батареи КДЭС меньше напряжения АБ. В этом случае для заряда КДЭС достаточно включить Step-Down Converter. Для запуска ДВС подходит Boost либо Buck-Boost Converter.

Запуск ДВС большой мощности осуществляется более высоким напряжением АБ (52…78 В), а используемая батарея КДЭС состоит из большего числа элементов, и суммарное рабочее напряжение на ней может превышать 90 В. В этом случае использования Step-Down Converter для зарядки КДЭС не достаточно, нужен Boost либо Buck-Boost Converter. Для запуска ДВС подходит Buck-Boost либо же Step-Down последовательно с Boost Converter.

На рис.1 рассмотрен синтез схемы на основе MOSFET, позволяющей получить в точке U2 напряжение большее, либо меньшее, чем в точке U1.

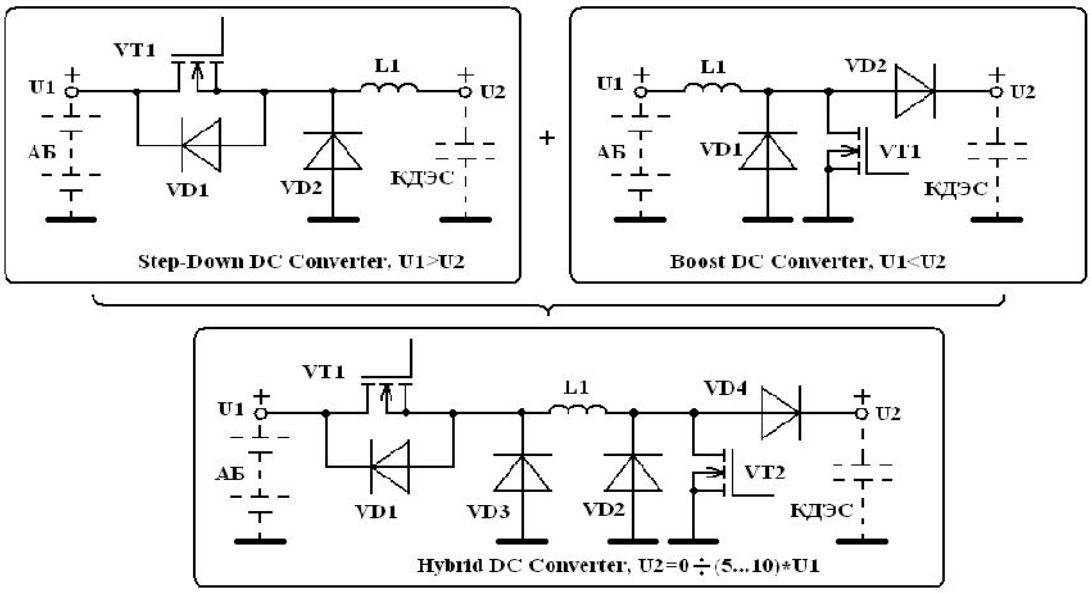


Рис.1. Синтез схемы DC преобразователя

При напряжениях U2<U1 открывающие импульсы (формируемые PWM либо PFM) подаются на транзистор VT1 до выполнения U2≈U1. Далее транзистор VT1 поддерживается уже в открытом состоянии, и продолжение роста напряжения на U2 обеспечивается подачей управляющих импульсов на транзистор VT2 до полной зарядки КДЭС или достижения предельного значения коэффициента заполнения.

Предлагается модернизация схемы, изображенной на рис.1 для выполнения полного цикла «заряда-разряда». Схема выглядит следующим образом (рис.2).

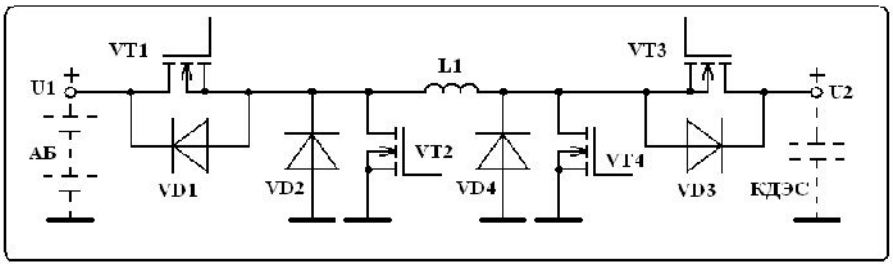
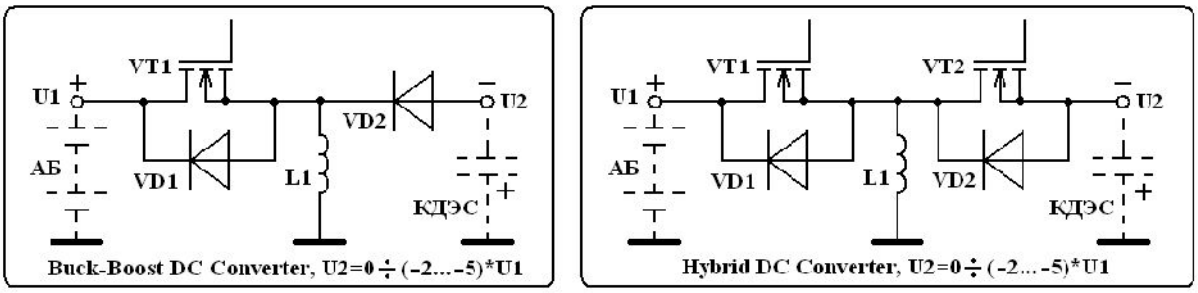


Рис.2. Упрощенная реверсивная схема силовой цепи согласующего звена

Альтернативой изображенной на рис.2, схеме, является Buck-Boost Converter (рис.3). Недостатком схемы (рис.3*а*,*б*), несмотря на ее простоту, является меньшая максимальная кратность U1 к U2.



а) б)

Рис.3. а) Boost Converter; б) упрощенная реверсивная схема согласующего звена на основе Boost Converter

На рис.4 представлены регулировочные характеристики и КПД при различных отношениях внутренних сопротивлений силовой цепи преобразователя к сопротивлениям нагрузки (стартер). Расчет выполнен по упрощенной схеме замещения.

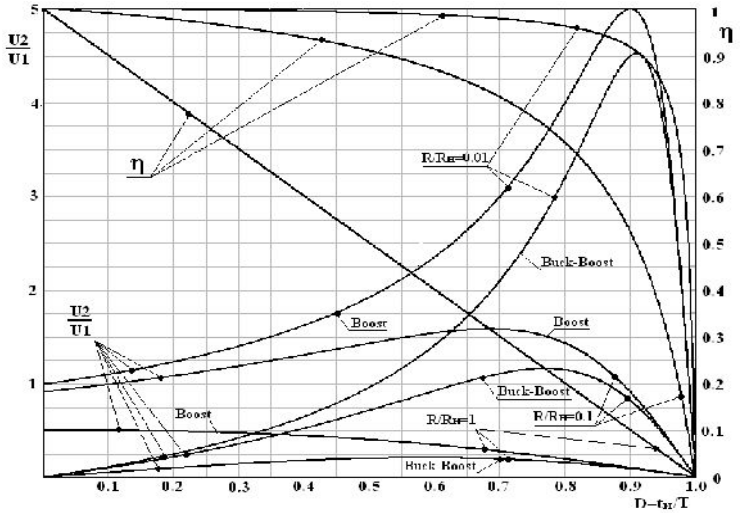


Рис.4. Характеристики импульсных преобразователей

По характеристике, зная внутреннее сопротивление силовой цепи и нагрузки (стартер), можно определить максимальное, развиваемое на нагрузке, напряжение и КПД в различных точках.

Как видно, невозможно предложить универсального схемного решения, выбор между простотой и экономичностью делается в индивидуальном порядке.

Библиографический список

1. Семенов Б.Ю. Силовая электроника: от простого к сложному. – М.: Солон-Пресс, 2005. - 416 с.

УДК 621.3.014.2

О КОММУТАЦИОННЫХ ТОКАХ В УПРАВЛЯЕМЫХ ВЫПРЯМИТЕЛЯХ

Симачков Д.С., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия
Абдрахманов Р.Б., Международный казахско-турецкий университет имени Х.А. Ясави, г. Туркестан, Южно-Казахстанская область, Республика Казахстан

Современный этап развития радиотехники характеризуется широким применением цифровых методов обработки сигналов (ЦОС) [1]. Поэтому в учебных планах подготовки бакалавров и специалистов радиотехнического профиля за последние 10-15 лет существенно возросло число дисциплин, связанных с ЦОС. Часто это реализовано за счет уменьшения числа дисциплин, связанных с аналоговой схемотехникой.

Совсем неудивительно, что студенты, да и специалисты радиотехнического профиля испытывают явный дефицит знаний по аналоговой схемотехнике. Их профессиональную подготовку можно сравнить с построенным многоэтажным зданием, не имеющим мощного надежного фундамента. В связи с изложенным, можно утверждать, что в подготовке высококвалифицированных специалистов радиотехнических, да и других наукоемких профилей роль аналоговой схемотехники достаточно велика [2,3].

Традиционным разделом учебных дисциплин аналоговой схемотехники являются выпрямительные устройства (ВУ), то есть устройства типа AC/DC. Эти устройства являются весьма удачным объектом для эффективного изучения как физики процессов, так аналоговой схемотехники устройств.

Коммутационные процессы являются достаточно сложными как для понимания, так и для изучения и моделирования. Поэтому неудивительно,

что о коммутации токов в управляемых выпрямителях в учебной и научной литературе имеется определенное разночтение, например, [4-9]. Оно состоит в законе изменения коммутационных токов.

Поэтому был рассмотрен однофазный двухполупериодный тиристорный выпрямитель, построенный по схеме со средней точкой, и работающий на активно-индуктивную нагрузку [10,11]. На рис.1 показана его эквивалентная схема.

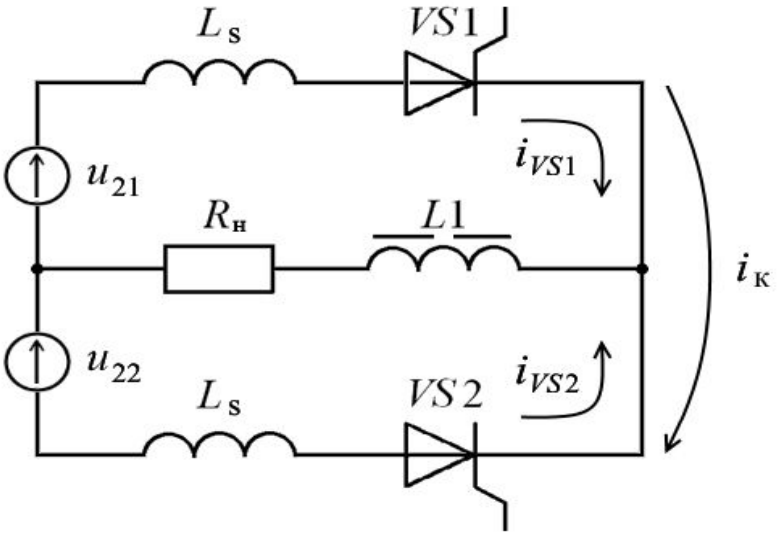


Рис. 1. Эквивалентная схема однофазного двухполупериодного управляемого выпрямителя со средней точкой

Постановка задачи соответствует [8]. Индуктивности питающей сети и индуктивность рассеяния первичной обмотки сетевого трансформатора приведены к вторичной обмотке и объединены с индуктивностью рассеяния вторичной обмотки в виде двух эквивалентных индуктивностей L_s, отнесенных к каждой фазе. Электродвижущая сила каждой полуобмотки вторичной обмотки обозначена u_{21} и u_{22}. Для упрощения задачи принято, что активно-индуктивная нагрузка $L1R_н$ имеет бесконечно большую индуктивность, то есть $L1 \to \infty$.

С методической точки зрения полезно рассмотреть безразмерное представление регулировочной характеристики управляемого ВУ. На рис. 2 регулировочная характеристика УВ представлена в безразмерном виде: по декартовой оси ординат отложен безразмерный параметр $U_{0\,\alpha}\ \ U_0$ ($U_{0\,\alpha}$ – среднее выпрямленное выходное напряжение для управляемого ВУ, U_0 - среднее выпрямленное выходное напряжение для неуправляемого ВУ), а по декартовой оси абсцисс отложен угол управления α.

Такое представление информации является универсальным, так как позволяет выполнить сравнительный анализ однотипных устройств, но имеющих существенно разные количественные параметры.

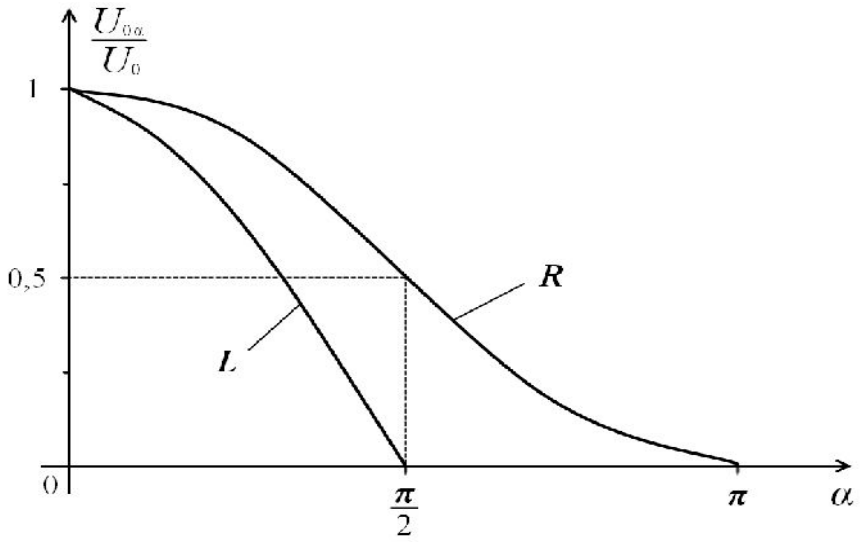


Рис.2. Регулировочные характеристики управляемого выпрямителя, работающего на резистивную (кривая R) или резистивно-индуктивную нагрузку (кривая L)

При анализе коммутационных процессов в УВ, работающем на активно-индуктивную нагрузку с $L1 \to \infty$, следует помнить, что средний выпрямленный тока $I_{0\,\alpha}$ является постоянной величиной. Этот ток $I_{0\,\alpha}$ определяется мгновенными токами i_{VS1} и i_{VS2}, протекающими через тиристоры $VS1$ и $VS2$, соответственно. Поэтому можно записать, что

$$i_{VS1} + i_{VS2} = I_{0\,\alpha} = const\,. \qquad (2)$$

Учитывая, что для открывающегося тиристора, например, $VS1$ ток через него совпадает с коммутационным током, то есть

$$i_{VS1} = i_{\text{к}}\,. \qquad (3)$$

Из уравнений (2) и (3) можно записать

$$i_{VS2} = I_{0\,\alpha} - i_{\text{к}}\,. \qquad (4)$$

В процессе коммутации ток i_{VS1}, протекающий через открывающийся тиристор $VS1$, увеличивается, а ток i_{VS2}, протекающий через закрывающийся тиристор $VS2$, уменьшается. В конце интервала коммутации, характеризуемого углом коммутации γ, например, тиристор $VS1$ открыт, а тиристор $VS2$ закрыт, то есть $i_{VS1} = I_{0\,\alpha}$ и $i_{VS2} = 0$.

Угол коммутации характеризует время перехода тока с одного вентиля на другой.

В [8] получено уравнение, определяющее величину коммутационного тока $i_{\text{к}}$ в рассматриваемом ВУ и равного току i_{VS1}, вступающего в работу тиристора $VS1$,

$$i_{\kappa} \quad \frac{U_{2\,\max}}{x_s}(\cos \quad \cos(\quad)), \qquad (5)$$

где $U_{2\,max}$ – амплитуда напряжения на полуобмотке вторичной обмотки трансформатора, x_s L_s, $\omega = 2\pi \cdot f$, = $\omega \cdot t$, t - время.

При этом ток i_{VS2} выключаемого тринистора *VS*2

$$i_{vs2} \quad I_0 \quad \frac{U_{2\,\max}}{x_s}(\cos \quad \cos(\quad)). \tag{6}$$

Полученные выражения (5) и (6) показывают, что токи i_{VS1} и i_{VS2}, протекающие через тринисторы в процессе коммутации, изменяются со временем по косинусоидальному закону.

При ток i_{VS2} через второй тринистор становится равным нулю. Тогда из уравнения (6) следует, что

$$I_0 \quad \frac{U_{2\,\max}}{x_s}(\cos \quad \cos(\quad)) \tag{7}$$

или

$$\cos \quad \cos(\quad) \quad I_0 x_s / U_{2\,\max}. \tag{8}$$

Полученное уравнение называется уравнением коммутации. Оно связывает угол коммутации со средним выпрямленным током I_0, углом управления , амплитудой фазного напряжения $U_{2\,max}$, частотой питающей сети и индуктивностью L_s рассеивания трансформатора.

Принимая при 0 угол коммутации за параметр γ_0, из уравнения (8) получают

$$1 \quad \cos \quad _0 \quad I_0 x_s / U_{2\,\max}. \tag{9}$$

Разделив уравнение (8) на уравнение (9), получают

$$\frac{\cos \quad \cos(\quad)}{1 \quad \cos \quad _0} \quad 1. \tag{10}$$

Выражение для угла коммутации из соотношения (3.22) можно записать в виде

$$\arccos(\cos \quad \cos \quad _0 \quad 1) \quad , \tag{11}$$

которое позволяет выполнить анализ влияния и $_0$ на угол коммутации (рис.3).

Результаты расчета совпали с данными [8]. Подтверждено, что угол коммутации управляемого выпрямителя меньше угла коммутации $_0$ неуправляемого выпрямителя. Причем темп уменьшения угла коммутации с ростом угла управления возрастает с увеличением $_0$. Например, при $_0$ =40 градусов угол коммутации становится 20 градусов при угле управления порядка 40 градусов.

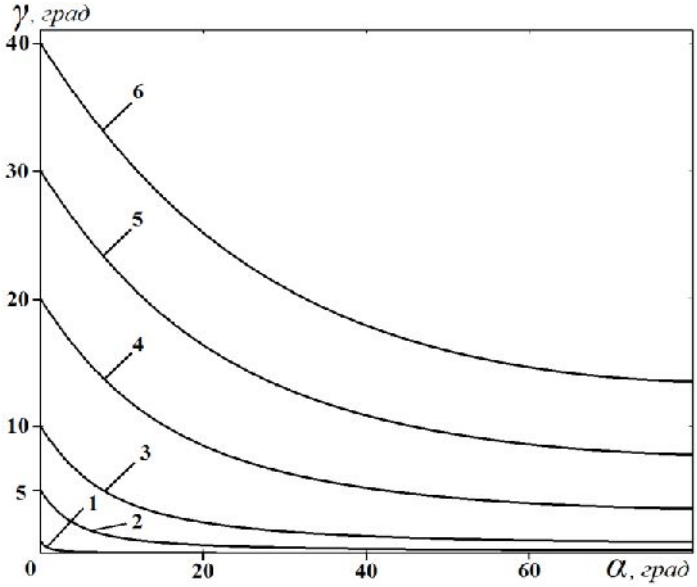


Рис.3. Влияние угла управления α и параметра γ_0 на угол коммутации управляемого выпрямителя при 1 – $\gamma_0 = 1^0$, 2 – 5^0, 3 – 10^0, 4 – 20^0, 5 – 30^0, 6 – 40^0

Результаты исследования формы токов, протекающих через открывающийся i_{VS1} и закрывающийся i_{VS2} тиристоры приведены на рис.4…рис.6. Причем так же, как и регулировочная характеристика (рис.2), временны́е зависимости i_{VS1} и i_{VS2} представлены в безразмерном виде. Выбор среднего выпрямленного тока I_0 в качестве нормирующего параметра очевиден по мнемоническому принципу.

Установлено, что при малых значениях параметра $\gamma_0 = 1^0$ временна́я зависимость силы тока имеет линейный характер уже при значениях угла управления α равных 2^0 (рис.4).

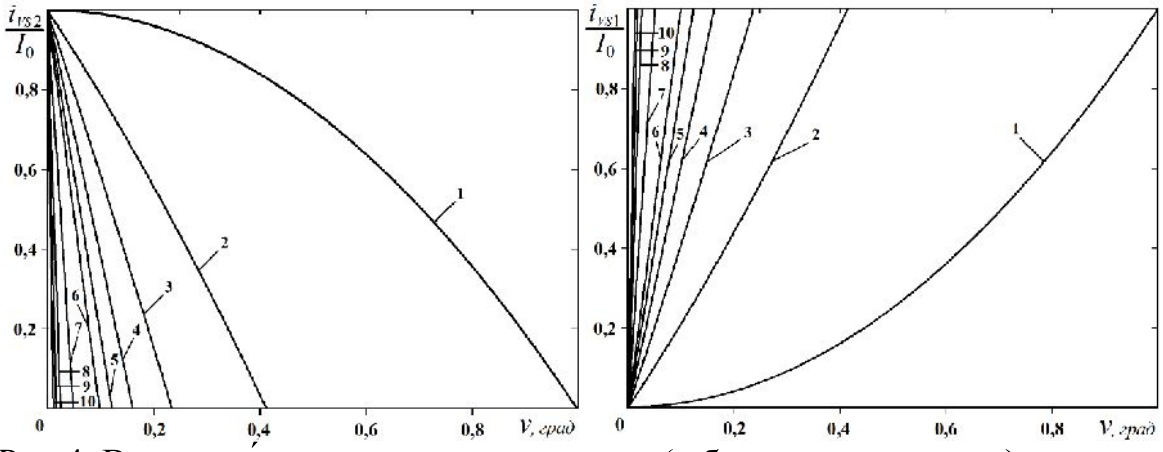


Рис.4. Временна́я зависимость силы тока (в безразмерном виде), протекающего через закрывающийся и открывающийся тиристоры соответственно при $\gamma_0 = 1^0$, где 1 – α = 0, 2 – 1^0, 3 – 2^0, 4 – 3^0, 5 – 4^0, 6 – 5^0, 7 – 10^0, 8 – 20^0, 9 – 30^0, 10 – 45^0

Следовательно, ток, протекающий через открывающий тиристор, будет нарастать по линейному закону. Соответственно, ток, протекающий через запирающийся тиристор, будет спадать по линейному закону.

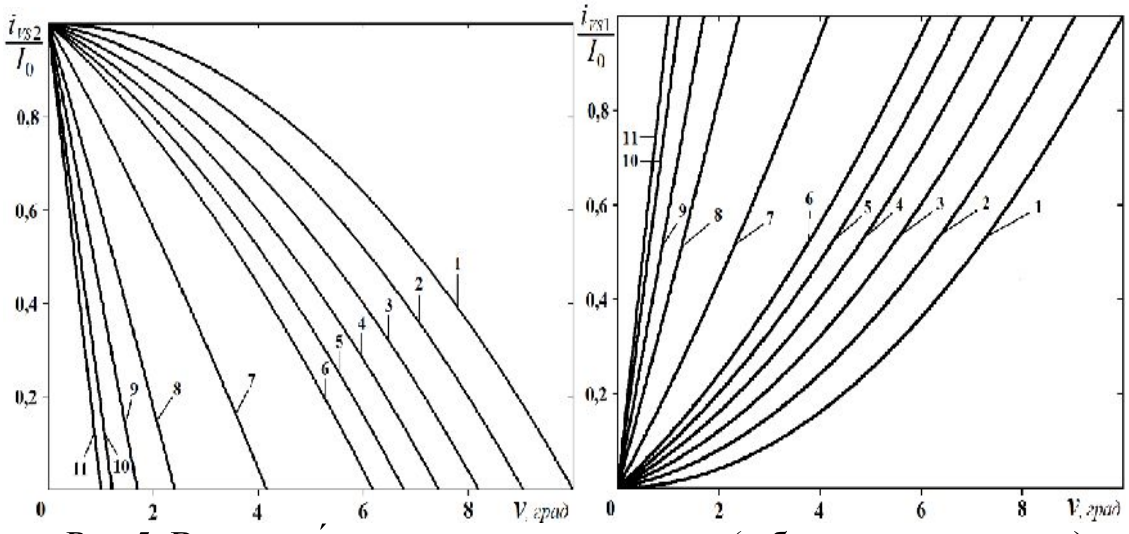


Рис.5. Временна́я зависимость силы тока (в безразмерном виде), протекающего через закрывающийся и открывающийся тринисторы соответственно при $\gamma_0 = 10^0$, где 1 – α = 0, 2 – 1^0, 3 – 2^0, 4 – 3^0, 5 – 4^0, 6 – 5^0, 7 – 10^0, 8 – 20^0, 9 – 30^0, 10 – 45^0, 11 – 60^0

Результаты, приведенные на рис. 5 получены для параметра $\gamma_0 = 10^0$. Видно, что временна́я зависимость силы тока имеет линейный характер при значениях угла управления α превышающих 10^0, а при малых углах управления она имеет косинусоидальный характер изменения.

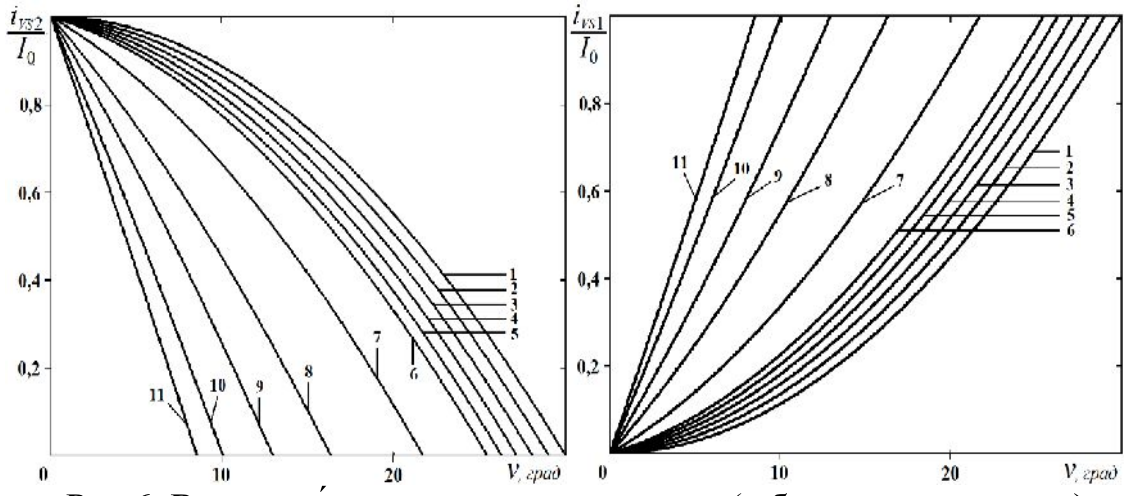


Рис.6. Временна́я зависимость силы тока (в безразмерном виде), протекающего через закрывающийся и открывающийся тринисторы соответственно при $\gamma_0 = 30^0$, где 1 – α = 0, 2 – 1^0, 3 – 2^0, 4 – 3^0, 5 – 4^0, 6 – 5^0, 7 – 10^0, 8 – 20^0, 9 – 30^0, 10 – 45^0, 11 – 60^0

С увеличением параметра γ_0 нелинейность временной зависимости токов, протекающих через тринисторы в процессе коммутации токов, становится заметнее. Так уже при $\gamma_0 = 10^0$ нелинейность изменения силы тока наблюдается до угла управления $\alpha = 10^0$ (рис.5), а при $\gamma_0 = 30^0 -$ до угла управления $\alpha = 20^0$ (рис.6).

Библиографический список

1. Бартенев В.Г., Битюков В.К., Кузеленкова Е.Г. Инновационный курс «Программируемая радиоэлектроника» для инженерных вузов. - Цифровая обработка сигналов. 2011, №4. – с.37-41.

2. Битюков В.К., Симачков Д.С. Методические особенности построения управляемых выпрямителей с вольтодобавкой. – Учебный эксперимент в образовании. 2014, №1. – с.64-79.

3. Битюков В.К., Битюкова Г.В., Кузеленкова Е.Г., Симачков Д.С. Выпрямитель с вольтодобавкой - объект для изучения аналоговой схемотехники. – Инновации на основе информационных и коммуникационных технологий. 2014. № 1. – с. 49-51.

4. Справочник по радиоэлектронным устройствам. В 2-х томах. Т. 2 / Варламов Р.Г., Додик С.Д., Иванов-Цыганов А.И. и др.; Под ред. Д.П. Линде. - М.: Энергия, 1978. – 328 с.

5. Руденко В.С., Сенько В.И., Чиженко И.М. Основы преобразовательной техники. – М.: Высшая школа, 1980. – 424 с.

6. Артамонов Б.И., Бокуняев А.А. Источники электропитания радиоустройств. - М.: Энергоиздат, 1982. – 296 с.

7. Иванов-Цыганов А.И. Электропреобразовательные устройства РЭС. - М.: Высшая школа. 1991. – 272 с.

8. Полупроводниковые выпрямители / Беркович Е.И., Ковалев В.Н., Ковалев Ф.И. и др.; Под ред. Ф.И. Ковалева и Г.П. Мостковой. – 2-е изд., переработ. - М.: Энергия, 1978. – 448 с.

9. Векслер Г.С. Электропитание спецаппаратуры. К.: Вища школа, 1975. – 376 с.

10. Битюков В.К., Власюк Ю.А., Петров В.А., Федоров Е.И. Лабораторный практикум по дисциплине “Физические основы преобразовательной техники”. - М.: МИРЭА, 2003. – 148 с.

11. Битюков В.К., Власюк Ю.А., Нефедов В.И. Физические основы преобразовательной техники. - М.: МИРЭА, 2005. – 148 с.

УДК 621.311.68

О МЕТОДИКЕ РАСЧЁТА СИЛОВОЙ ЧАСТИ ИМПУЛЬСНЫХ СТАБИЛИЗАТОРОВ НАПРЯЖЕНИЯ ПОНИЖАЮЩЕГО ТИПА

Травин И.В., Ермаков В.В., МИРЭА, г. Москва, Россия

В настоящее время существует несколько методик по расчёту силовой части компенсационного стабилизатора напряжения с импульсным регулированием (КСН с ИР) [1-3]. Эти методики находят широкое применение, как в учебном процессе, так и в производственных расчётах. В данной работе будут рассмотрены две наиболее распространенные методики [1,2] и [3]. Целесообразно провести их сравнительный анализ на конкретном числовом примере.

Пусть необходимо рассчитать силовую часть КСН с ИР, построенную по схеме понижающего типа, со следующими параметрами (рис.1): $U_{\text{вх}}$= 15…30 В; $U_{\text{вых}}$= 10,0 В; $I_{\text{вых}}$= 1,0 А; $f_{\text{п}}$ = 25 кГц; $I_{\text{н}\,max}$= 1,0 А; $I_{\text{н}\,min}$= 0,5 А.

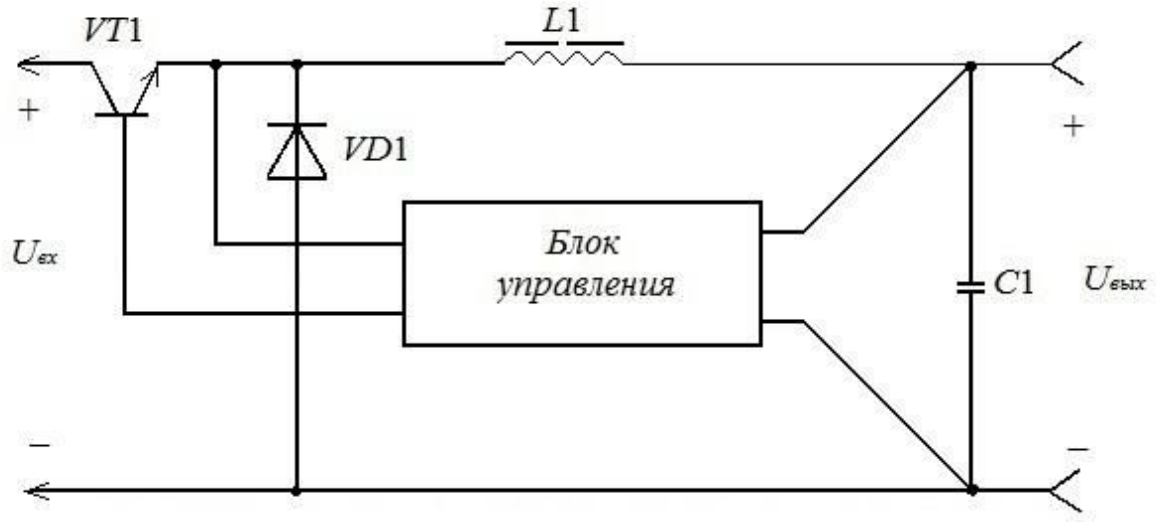


Рис.1. Схема силовой части компенсационного стабилизатора напряжения с импульсным регулированием понижающего типа

На основании исходных параметров вычисляют максимальное γ_{max} и минимальное γ_{min} значения относительной длительности открытого состояния регулирующего транзистора, выполняющего роль электронного ключа:

$$\gamma_{max} = \frac{U_{\text{вых}}}{U_{\text{вх}\,min}} = 0{,}67, \gamma_{min} = \frac{U_{\text{вых}}}{U_{\text{вх}\ max}} = 0{,}33.$$

Затем определяют величину критической индуктивности $L_{\text{кр}}$ дросселя, при которой реализуется безразрывность его тока:

$$L_{\text{кр}} = U_{\text{вх}} \cdot \frac{1-\gamma_{min}}{2f_{\text{п}} \cdot I_{\text{н}\,min}} = 10 \cdot \frac{1-0{,}33}{2 \cdot 25 \cdot 10^3 \cdot 0{,}5} = 0{,}27 \text{ мГн.}$$

По найденной величине индуктивности $L_{\text{кр}}$ выбирают (с запасом) стандартный дроссель Д17-2 [4], у которого L=2 мГн, $I_{\text{под}\,max}$= 6,3 А, $R_{\text{др}}$=0,3 Ом.

Сглаживающий выходной фильтр должен выполнять две функции. Во-первых, сглаживать пульсации, имеющиеся в выходном напряжении из-за традиционных причин. Во-вторых, компенсировать вариации выходного напряжения, обусловленные ступенчатым изменением тока нагрузки для микросхемы типа LM317 (рис.2) [5,6].

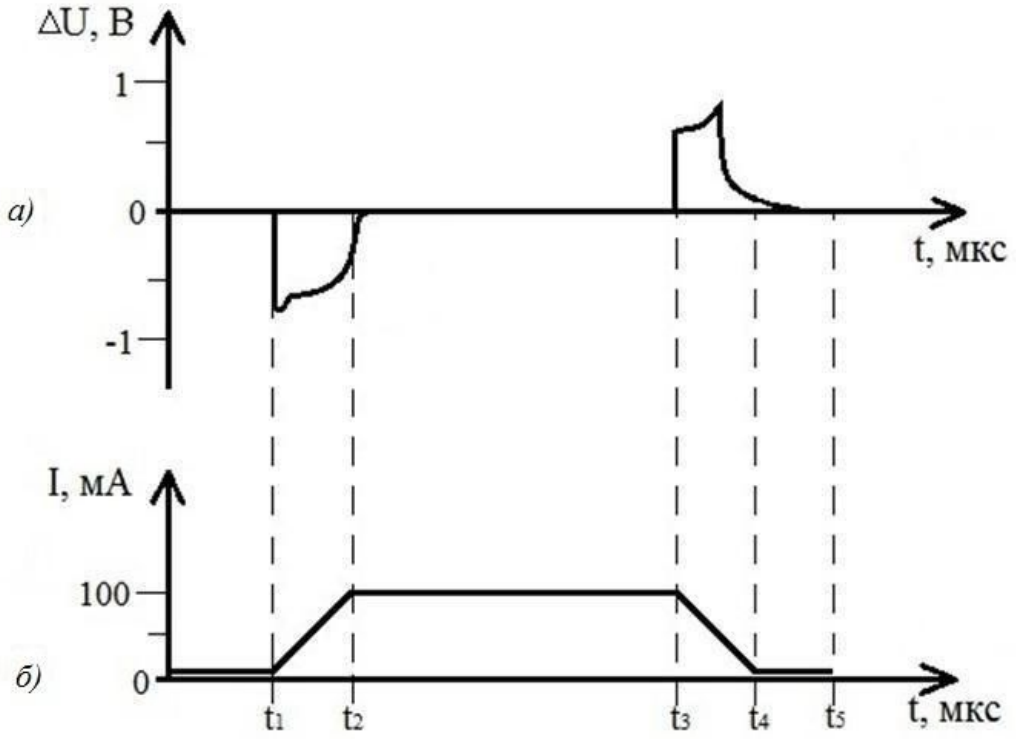


Рис.2. Иллюстрация влияния на выходное напряжение стабилизатора напряжения, построенного на микросхеме типа LM317, при ступенчатом изменении его нагрузки: а) изменение выходного напряжения ΔU стабилизатора напряжения в зависимости от времени t; б) изменение тока нагрузки в зависимости от времени t

Обозначая конденсаторы, выполняющие эти роли $C'_{\text{н}}$ и $C''_{\text{н}}$, их емкости рассчитывают по формулам

$$C'_{\text{н}} = U_{\text{вых}} \cdot \frac{1-\gamma_{min}}{16 \cdot f_{\text{п}}^2 \cdot L \cdot U_{\text{вых}}\, m1} = 10{,}0 \cdot \frac{1-0{,}33}{16 \cdot 625 \cdot 10^6 \cdot 0{,}002 \cdot 0{,}01} = 33{,}5 \text{ мкФ}.$$

Значение вариации выходного напряжения $\Delta U = \Delta U_{\text{выбр}}$, обусловленное ступенчатым изменением тока нагрузки, можно принять равным 0,7 В. Тогда

$$C''_{\text{н}} = \frac{0{,}5 \cdot \left(I_{\text{н}\,max} - I_{\text{н}\,min}\right)^2 \cdot L}{\Delta U_{\text{выбр}} \cdot U_{\text{вых}}} = 0{,}5 \cdot \frac{(1-0{,}5)^2 \cdot 0{,}002}{0{,}7 \cdot 10} = 35{,}7 \text{ мкФ}.$$

По найденным величинам $C'_{\text{н}}$ и $C''_{\text{н}}$ выбирают конденсатор типа К50-20 [7]. Рассчитанным параметрам удовлетворяет конденсатор, ёмкость которого равна $C_{\text{н}}$ = 50 мкФ при номинальном напряжении 50 В.

Далее определяют параметры $I_{\text{к1}\,max}$ и $U_{\text{к1}\,max}$ регулирующего транзистора:

$$I_{\text{к1}\,max} = I_{\text{н}\,max} + \frac{\Delta I_L}{2} = 1{,}0 + \frac{0{,}13}{2} = 1{,}07 \text{ А},$$

где $\Delta I_L = U_{\text{вых}} \cdot \frac{1-\gamma_{min}}{L \cdot f_{\text{п}}} = 10 \cdot \frac{1-0{,}33}{0{,}002 \cdot 25 \cdot 10^3} = 0{,}13$ А.

$$U_{\text{к1}\,max} = U_{\text{вх}\,max} = 30 \text{ В}.$$

Из справочной литературы выбирают транзистор 2Т903А [8], имеющий параметры: $U_{\text{кэ}\,max}$= 100 В; $I_{\text{к}\,max}$= 10 А; $P_{\text{к}\,max}$= 5 Вт при температуре корпуса равной 85 °С; R_{mnk}= 2,0 $\frac{\text{К}}{\text{Вт}}$; $h_{21\text{э}\,min}$= 8; $U_{\text{кэ нас}}$=0,8 В; $t_{\text{вкл}}$= 0,2 мкс; $t_{\text{выкл}}$= 0,2 мкс; $U_{\text{бэ нас}}$=1,6 В.

Определяют мощность P_{VT1}, рассеиваемую на транзисторе *VT*1 (принимают $k_{\text{нас}} = 1{,}3$):

$$P_{VT1} = I_{\text{н}\,max} \cdot U_{\text{кэнас}} \cdot \gamma_{max} + 0{,}5 \cdot f_{\text{п}} \cdot U_{\text{кэ}\,max} \cdot I_{\text{к1}\,max} \cdot \left(t_{\text{вкл}} + t_{\text{выкл}}\right) +$$
$$+k_{\text{нас}} \cdot U_{\text{бэ1нас}} \cdot I_{\text{к}\,max} \cdot \frac{\gamma_{max}}{h_{21\text{э}\,min}} = 1 \cdot 0{,}8 \cdot 0{,}67 + 0{,}5 \cdot 25 \cdot 10^3 \cdot 100 \cdot 30 \times$$
$$\times 1{,}065 \times (0{,}2 + 0{,}2) \cdot 10^{-6} + 1{,}3 \cdot 1{,}6 \cdot 1{,}065 \cdot \frac{0{,}67}{8} = 0{,}536 + 0{,}16 + 0{,}185 =$$
$$= 0{,}88 \text{ Вт}.$$

Затем вычисляют параметры возвратного диода *VD*1:

$$I_{VD1\,max} = I_{\text{н}\,max} + \frac{\Delta I_L}{2} = 1 + \frac{0{,}13}{2} = 1{,}07 \text{ А}, \; U_{VD1} = U_{\text{вх}\,max} = 30 \text{ В}.$$

На найденному максимальному значению тока $I_{VD1\,max}$ и максимальному напряжению U_{VD1} выбирают диод типа КД2997В [9], имеющий параметры f_{max}=100 кГц; $U_{\text{пр}}$=1,0 В; $U_{\text{обр}\,max}$=50 В; $I_{\text{пр}\,max}$=30 А.

В результате мощность P_{VD1}, рассеиваемая на диоде (без учета динамических потерь), равна:

$$P_{VD1} = U_{\text{пр}} \cdot I_{\text{н}\,max} \cdot (1 - \gamma_{min}) = 1 \cdot 1 \cdot (1 - 0{,}33) = 0{,}67 \text{ Вт}.$$

Итогом расчёта силовой части КСН с ИР является определение необходимого коэффициента передачи цепи обратной связи $K_{\text{ос}}$:

$$K_{\text{ос}} = \Delta\gamma \cdot K_u \cdot \frac{U_{\text{вх}}}{\Delta U_{\text{вх}} \cdot U_{\text{вых}}} = 0{,}34 \cdot 100 \cdot \frac{30}{15 \cdot 10} = 4{,}8,$$

где $\Delta\gamma = \gamma_{max} - \gamma_{min} = 0{,}67 - 0{,}33 = 0{,}34$ и $\Delta U_{\text{вх}} = U_{\text{вх}\,max} - U_{\text{вх}\,\min} = 30 - 15 = 15$ В.

Опыт использования методики [1,2] показал, что при ее реализации необходимо малое количество исходных параметров, а сам расчёт сводится к определению нужных типов электрорадиоэлементов. Эта методика отличается простой последовательностью действий, малым количеством вычислений, что выгодно отличает ее от методики расчёта [3], по которой также был выполнен расчет силовой части КСН с ИР с такими же параметрами.

Первое различие методик заключается в том, что расчёт параметров дросселя в методике [3] более полный, чем в [1,2]. В нём выбирают материал магнитопровода, вычисляют его объем, определяют число витков, диаметр провода с изоляцией. В методике [1,2] избегают вопрос выбора материала и расчёта других параметров.

Второе отличие заключается в определении максимальной частоты преобразования. В методике [1,2] выбирают по определенной заданной частоте регулирующий транзистор, а в методике [3] исходят их того, что коммутирующий транзистор уже выбран и по его типу и параметрам выбирают максимальную частоту преобразования.

Третье различие методик заключается в определении мощности, рассеиваемой на регулирующем транзисторе. В методике [3] суммарная мощность считается по отдельности, сначала мощность динамических потерь, затем статических и только потом полная (суммарная) мощность. В методике [1,2] полную мощность потерь вычиляют интегрально, а не каждую мощность по отдельности. Это упрощает задачу проведения расчёта, а также избавляет от дополнительных вычислений и ошибок. Точно такой же нюанс имеет место быть и при выборе диода.

В заключение можно сделать вывод, что методика [1,2] достаточно проста и удобная в педагогической и инженерной практике. Ее можно использовать для проведения расчётов в рамках курсового и дипломного проектирования. А методика [3] является более полной и ее целесообразно использовать для проектирования КСН с ИР специального назначения.

Библиографический список

1. Китаев В.Е., Бокуняев А.А., Колканов М.Ф. Расчёт источников электропитания устройств связи: Учебное пособие для вузов / Под ред. А.А. Бокуняева. – М.: Радио и связь, 1993. – 232 с.

2. Битюков В.К., Бокуняев А.А., Черниговская Э.М. Электропреобразовательные устройства: Учебное пособие / Московский государственный институт радиотехники, электроники и автоматики (технический университет). – М.: 2000. – 155 с.

3. Семенов Ю. Импульсные понижающие стабилизаторы. Радио, 2002. №5. – С. 41 – 44.

4. Бамдас А.М., Савиновский Ю.А. Дроссели переменного тока радиоэлектронной аппаратуры (катушки со сталью). М.: Советское радио, 1969. - 248 с.

5. Битюков В.К., Богатов А.В., Михневич Н.Г., Петров В.А. Исследование характеристик стабилизированных источников электропитания, построенных на базе регулируемых DC–DC преобразователей с накачкой заряда // Наукоемкие технологии, 2012, Т.13. №5. С. 5-15.

6. 3-Terminal Adjustable Regulator LM317L. Data Sheet. - National Semiconductor.: http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/177522/NSC/LM317L.html, 2002. – 26 с.

7. Дьяконов М.Н., Карабанов В.И., Присняков В.И. Справочник по электрическим конденсаторам. - М.: Радио и связь. 1983. – 576 с.

8. Перельман Б.Л. Новые транзисторы. Справочник. Часть 2. – М.: СОЛОН, 1996. - 261 с.

9. Полупроводниковые приборы. Диоды выпрямительные, стабилитроны, тиристоры: Справочник / А.Б. Гитцевич, А.А. Зайцев, В.В. Мокряков и др. Под ред. А.В. Голомедова. – М.: Радио и связь, 1988. - 528 с.

УДК 62.405

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА МИКРОВОЛНОВОГО НАГРЕВА КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА

Тян Н.Г., аспирант, Редькина Е.А., к.т.н., доцент,
Севастопольский государственный университет, Россия,
Севастополь, E-mail: nikolaytg91@gmail.com

THE MICROWAVE CURING MODELLING OF COMPOSITE MATERIAL

Tian N., Ph. D student, Redkina, Ph.D., Associate Professor,
Sevastopol State University, Russia, Sevastopol

1.Введение

Производство композиционных материалов в настоящее время является высокотехнологичным процессом, требующим особого контроля на каждом этапе изготовления, в том числе на этапе нагрева и отверждения,

поскольку качество изготавливаемого материала напрямую зависит от качества и скорости процесса нагрева и отверждения [1]. Так, например, при намотке термопластичных препрегов перед укладкой их на оправку в некоторых случаях осуществляют быстрый локальный нагрев ленты для увеличения ее липкости [1,2]. Оптимизация скорости разогрева и типа нагревательного устройства может значительно упростить и ускорить процесс формирования изделия [3]. Также, контроль процесса нагрева важен для оптимального процесса отвержения в пултрузионной головке при непрерывном процессе образования композитного изделия с постоянным или периодически повторяющимся профилем [1,4].

Таким образом, мониторинг и оптимизация параметров нагрева материала является актуальной и важной задачей и требует разнообразных решений. Так в статье [5] производилось теоретическое исследование нагрева образца композиционного материала в однородном СВЧ поле. Однако в расчетной модели не было учтено влияние конструкции резонатора, в котором реализуется нагрев в СВЧ-поле, а также тот факт, что формируемое в резонаторе поле неравномерно. Таким образом, целью работы является моделирование процесса СВЧ-нагрева в резонаторе.

2.Основная часть

В качестве моделируемого устройства (системы отверждения) была взята экспериментальная установка, использующаяся в лаборатории композитного центра *Airbus*, и представляющая собой активное устройство (магнетрон) с регулируемой частотой возбуждения и цилиндрический резонатор, изображенный на рис.1, внутри которого располагается образец отверждаемого композитного материала.

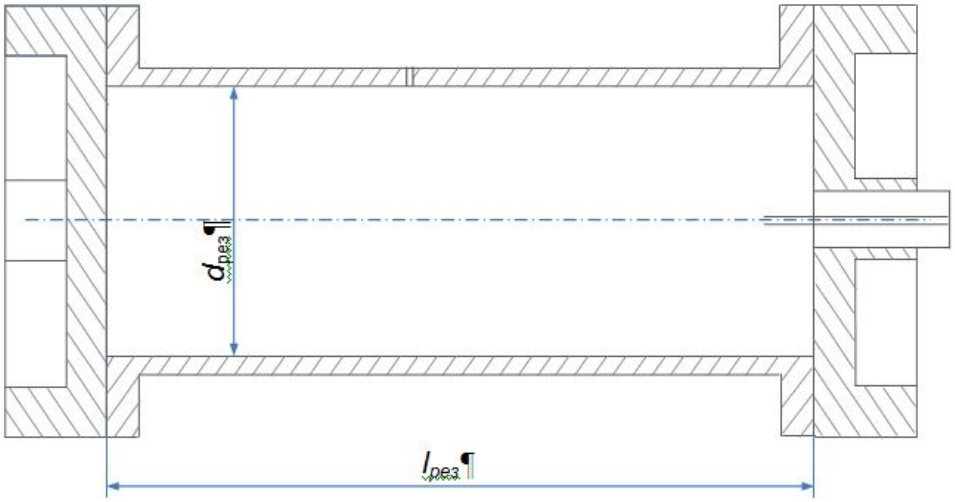


Рис. 1

Устройство (магнетрон) с регулируемой частотой возбуждения и цилиндрический резонатор, изображенный на рис.1, внутри которого располагается образец отверждаемого композиционного материала, смоделированы в программном пакете *CST Studio* (рис.2).

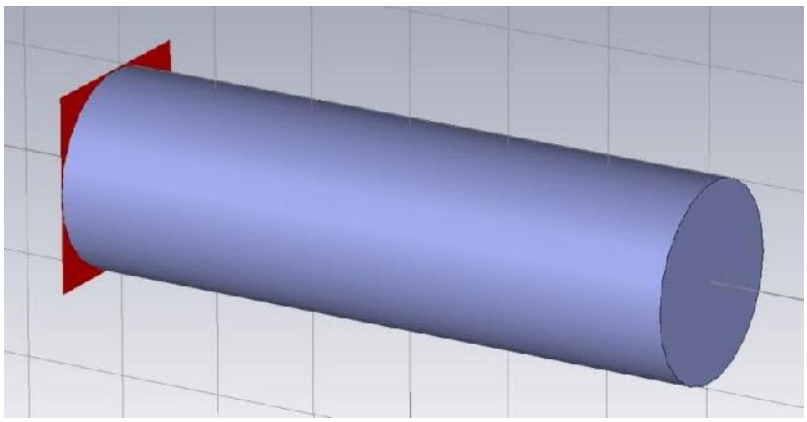


Рис. 2

В ходе исследования изучаемый образец располагается таким образом, чтобы он находился в области максимума электрической составляющей колебания различных мод, для формирования оптимального режима для отверждения материала. Так как в исследовании использовались простейшие моды, оптимальным расположением образца является центр резонатора.

Произведено моделирование электромагнитных процессов со значениями теплоемкости и теплопроводности и геометрических параметров образца для трех режимов распространения основных мод резонатора H_{11}, E_{01}, H_{01} (рис.3).

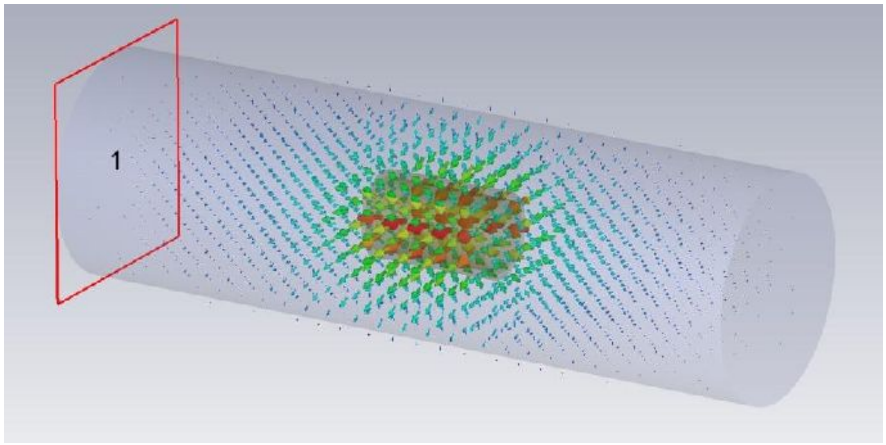


Рис. 3

Кроме того было исследовано температурное и электромагнитное

распределения в зависимости от толщины исследуемого образца. В качестве примера были взяты толщины 1, 3 и 10 мм. Было отмечено, что при изменении толщины образца меняется распределение волны в резонаторе, при этом при увеличении толщины образца тепловой поток концентрируется внутри испытуемого материала, а это значит, что основная энергия излучения тратится на нагрев материала. Отмечено, что численное значение теплового потока наименьшее в случае толщины материала 3 мм (рис.4).

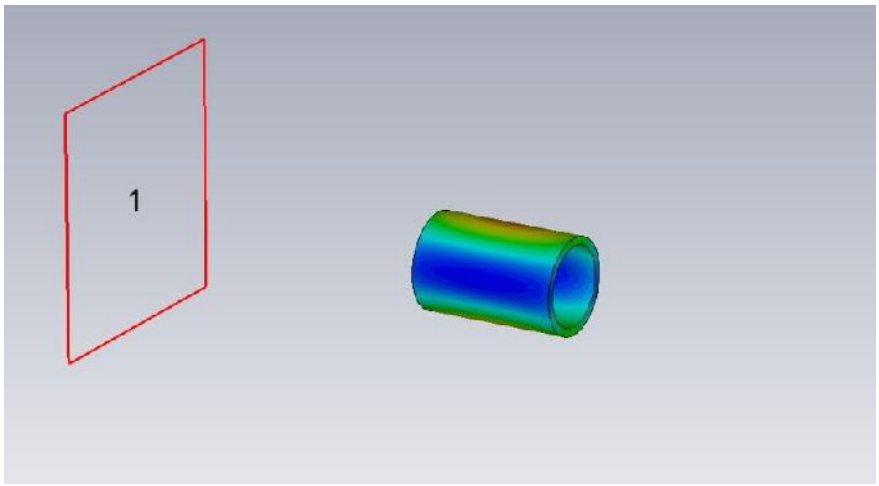


Рис. 4

3.Заключение

Таким образом, показан метод имитационного моделирования для анализа распределения электромагнитного поля и температурного распределения вдоль образца. Теоретический анализ был подтвержден на практике в работе [5].

Библиографический список

1. Механика и технология композиционных материалов / С.Л. Баженов. - Долгопрудный: Издательский дом «Интеллект», 2014 - 328 с.

2. http://mplast.by/encyklopedia/namotka-tsilindricheskih-izdeliy-i-krivolineynyih-sterzhney-iz-armirovannogo-petf

3. http://www.findpatent.ru/patent/215/2152306.html

4. http://pultrusion.ru/guide-view/technology

5. Reznik, S., Rumyantsev, S., Guzeva, T., Heat mathematical model of dielectric composite cylinder during microwave treatment, 2nd International Conference on Advanced Composite Materials and Technologies for Aerospace Applications, Wrexham, 2012.

УДК 621.311

СХЕМОТЕХНИКА ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ С ВОЛЬТОДОБАВКОЙ

Абдрахманов Р.Б.[1], Битюкова Г.В.[2], Кузеленкова Е.Г.[3], Марьин С.В.[3], Симачков Д.С.[3]

[1]Международный казахско-турецкий университет имени Х.А. Ясави, г. Туркестан, Южно-Казахстанская область, Республика Казахстан
[2]Всероссийский научно-исследовательский институт метрологической службы, г. Москва, Россия
[3]Московский государственный технический университет радиотехники, электроники и ивтоматики, г. Москва, Россия

В [1,2] отмечалось, что современный этап развития радиотехники характеризуется широким применением цифровых методов обработки сигналов (ЦОС). В учебных планах подготовки бакалавров и специалистов радиотехнического профиля за последние 10-15 лет существенно возросло число дисциплин по ЦОС. Часто это реализовано за счет уменьшения дисциплин, связанных с аналоговой схемотехникой.

Совсем неудивительно, что студенты, да и специалисты радиотехнического профиля испытывают явный дефицит знаний по аналоговой схемотехнике. Их профессиональную подготовку можно сравнить с построенным многоэтажным зданием, не имеющим мощного монолитного фундамента. В связи с выше изложенным можно утверждать, что в подготовке высококвалифицированных специалистов радиотехнического, да и других наукоемких профилей роль аналоговой схемотехники на сегодняшний день недооценена.

Опыт подготовки специалистов указанных профилей показал, что управляемые выпрямители с вольтодобавкой (УВ с ВД) являются весьма удачным объектом для эффективного изучения аналоговой схемотехники. Дело в том, что при рассмотрении схемотехники УВ с ВД анализируется не только вольтамперные характеристики конкретных полупроводниковых приборов и схемы их включения, но и влияние, например, состояния управляемых вентилей на проводимость неуправляемых вентилей [3].

Схемотехнику выпрямителей с вольтодобавкой можно рассмотреть на примере однофазного управляемого выпрямителя с вольтодобавкой, функциональная схема которого показана на рис.1 [4].

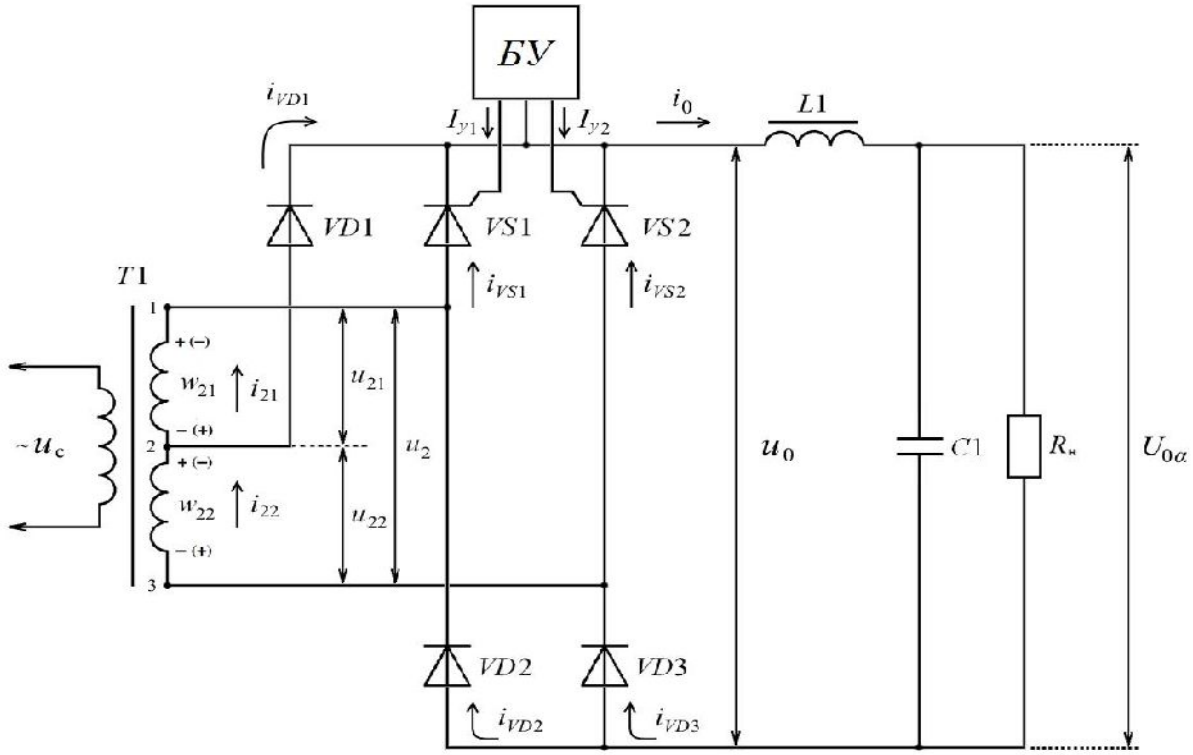


Рис.1. Мостовая схема управляемого выпрямителя с вольтодобавкой, построенная с использованием дифференциального трансформатора и одного коммутирующего диода, с фиксированным коэффициентом переключения, равном двум

На первичную обмотку дифференциального трансформатора $T1$ подается гармоническое сетевое напряжение u_c. Вторичная обмотка сетевого трансформатора $T1$ разделена на две секции с равным числом витков $w_{21} = w_{22}$, выводы которых обозначены 1-2 и 2-3, то есть от середины вторичной обмотки сделан отвод.

Мгновенное напряжение u_{21} на секции 1-2 может быть описано выражением

$$u_{21} = U_{2\,max} \cdot \sin\vartheta\,, \qquad (1)$$

где $U_{2\,max}$ – амплитуда гармонического напряжения на секции 1-2 (рис.2,*а*).

Мгновенное напряжение u_{22} на секции 2-3 смещено относительно u_{21} на π и может быть описано выражением (рис.2,*а*):

$$u_{22} = U_{2\,max} \cdot \sin(\vartheta + \pi)\,, \qquad (2)$$

Амплитуда мгновенного напряжения на секциях 1-2 и 2-3 равны, так как в дифференциальном трансформаторе отвод выполнен от середины его вторичной обмотки. Надо отметить, что суммарное напряжение u_2 на всей вторичной обмотке 1-3 называют линейным напряжение и оно равно сумме напряжений u_{21} и u_{22} (рис.2,*а*).

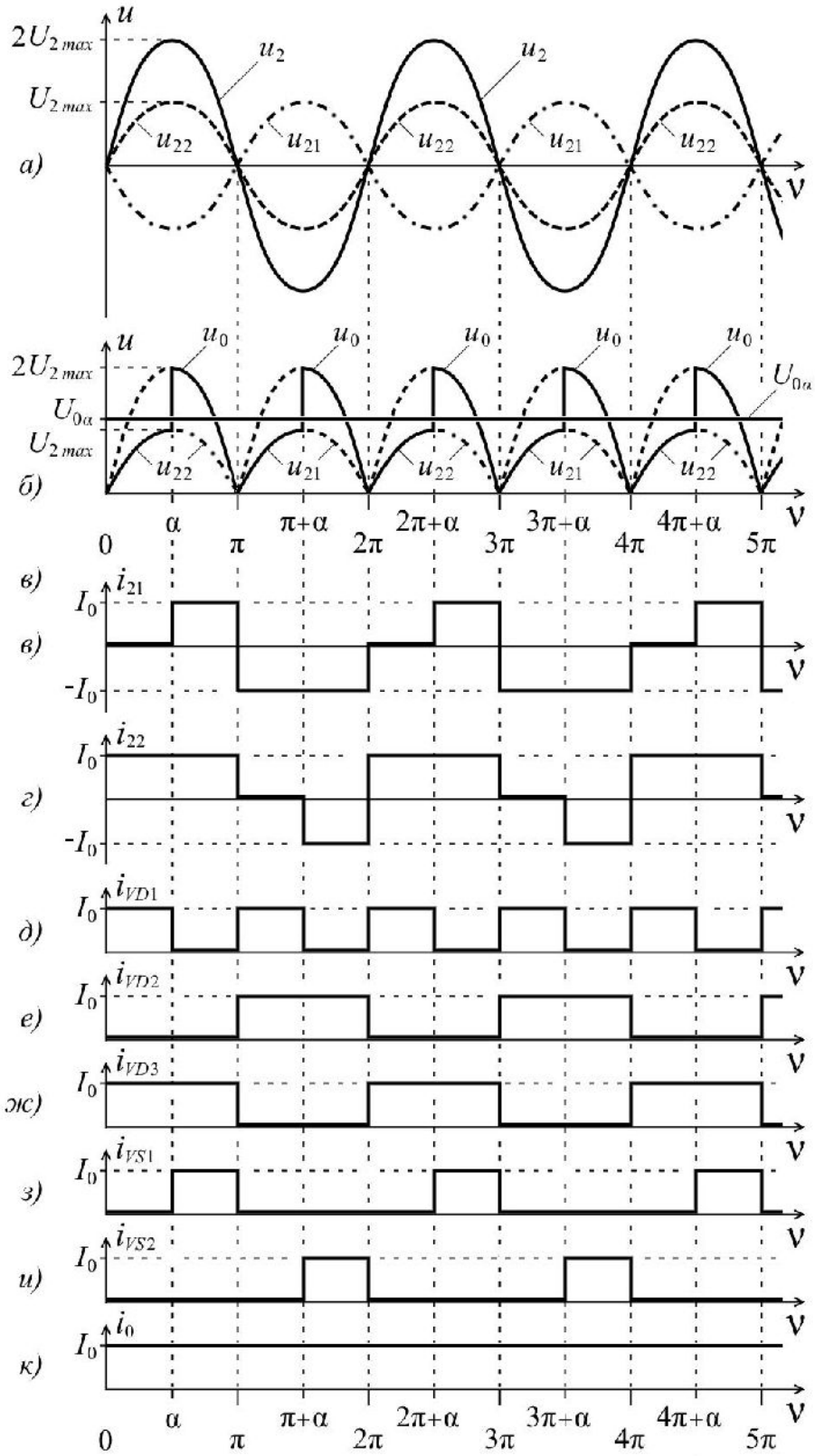


Рис.2. Характерные диаграммы напряжений и токов для управляемого выпрямителя с вольтодобавкой, построенного по мостовой схеме с использованием дифференциального трансформатора (угол α принят равным π 2)

Управляемый выпрямитель (рис.1) построен на тиристорах $VS1$ и $VS2$ и диодах $VD2$ и $VD3$ и реализует мостовую схему, которая питается линейным напряжением u_2. Для включения тиристоров $VS1$ и $VS2$ используется блок управления (БУ) [5]. Мгновенное выпрямленное напряжение u_0 сглаживается пассивным $L1C1$-фильтром, который и формирует на нагрузке $R_н$ средневыпрямленное напряжение $U_{0\alpha}$.

Полярность напряжений u_{21} и u_{22} изменяется каждый полупериод питающего напряжения $u_с$ (рис.1). Наличие дополнительного коммутирующего диода $VD1$, включенного между серединой вторичной обмотки трансформатора $T1$ и катодной группой тиристоров $VS1$ и $VS2$, существенно изменяет работу выпрямителя. Дело в том, что в начале каждого полупериода при включенных тиристорах $VS1$ и $VS2$ цепь нагрузки замыкается через коммутирующий диод $VD1$ и диод $VD2$ или диод $VD3$.

Принцип действия рассматриваемого устройства состоит в следующем.

Пусть имеется полярность напряжения на секциях 1-2 и 2-3, указанная на рис.1 без скобок. Оба тиристора $VS1$ и $VS2$ выключены. Тогда силовая цепь «+u_{22}» – $VD1$ – $L1$ – $C1 \parallel R_н$ – $VD3$ – «-u_{22}» оказывается замкнутой и на нагрузку $R_н$ работает секция 2-3, то есть мгновенное выпрямленное напряжение на входе сглаживающего фильтра равно $u_0 = u_{22}$ (рис.2). В момент $\vartheta = \alpha$ блок управления включает тиристор $VS1$.

При этом через только что открытый тиристор $VS1$ мгновенное напряжение u_{21}, имеющее полярность указанную на рис.1 без скобок, закрывает коммутирующий диод $VD1$. В этом случае напряжение u_{21} является обратным напряжением для диода $VD1$. С момента $\vartheta = \alpha$ на нагрузку работает вся вторичная обмотка, то есть мгновенное выпрямленное напряжение на входе сглаживающего фильтра равно $u_0 = u_2$. На рис.2,*б* показано, что при $\vartheta = \alpha$ мгновенное напряжение скачкообразно увеличивается с $U_{2\,max} \cdot \sin\alpha$ до $2 \cdot U_{2\,max} \cdot \sin\alpha$.

Теперь силовая цепь «+u_{21}» – $VS1$ – $L1$ – $C1 \parallel R_н$ – $VD3$ – «-u_{22}» оказывается замкнутой и на нагрузку $R_н$ работают обе секции 1-2 и 2-3, то есть мгновенное выпрямленное напряжение на входе сглаживающего фильтра равно $u_0 = u_2$.

В рассмотренный полупериод питающего напряжения секция 2-3 является основной, а секция 1-2 – вольтодобавочной.

При $\vartheta = \pi$ тиристор $VS1$ включается, так как его анодный ток становится меньше тока удержания $I_{уд}$. Полярность напряжений на секциях вторичной обмотки трансформатора $T1$ изменяется (на рис.1 она указана в скобках), то есть начинается второй полупериод питающего напряжения.

Силовая цепь «(+)u_{21}» – $VD1$ – $L1$ – $C1 \parallel R_н$ – $VD2$ – «(-)u_{22}» оказывается замкнутой и на нагрузку $R_н$ работает секция 1-2 (она является те-

перь основной), то есть мгновенное выпрямленное напряжение на входе сглаживающего фильтра равно $u_0 = u_{21}$. В момент $\vartheta = \pi + \alpha$ БУ включает тринистор $VS2$. При этом через только что открытый тринистор $VS2$ мгновенное напряжение u_{22}, имеющее полярность указанную на рис.1 в скобках, закрывает коммутирующий диод $VD1$. В этом случае u_{22} является обратным напряжением для диода $VD1$. С момента $\vartheta = \pi + \alpha$ на нагрузку работает вся вторичная обмотка трансформатора, то есть мгновенное выпрямленное напряжение на входе сглаживающего фильтра равно $u_0 = u_2$. На рис.2,*б* при $\vartheta = \pi + \alpha$ мгновенное выпрямленное напряжение скачкообразно увеличивается с $U_{2\,max} \cdot \sin(\alpha + \pi)$ до $2 \cdot U_{2\,max} \cdot \sin(\alpha + \pi)$.

Теперь силовая цепь «(+)u_{22}» – $VS2$ – $L1$ – $C1 \parallel R_н$ – $VD2$ – «(-)u_{21}» оказывается замкнутой и на нагрузку $R_н$ работают обе секции u_{21} и u_{22}, то есть мгновенное выпрямленное напряжение на входе сглаживающего фильтра равно $u_0 = u_2$.

В этот полупериод питающего напряжения секция 1-2 является основной, а секция 2-3 – вольтодобавочной.

Затем процессы повторяются.

Особенность рассмотренной схемы состоит в том, что за период питающего напряжения каждая секция вторичной обмотки сетевого трансформатора выполняет роль как основной секции, так и вольтодобавочной.

По этой причине параметр вольтодобавки $m = 2$, то есть диапазон регулирования средневыпрямленного напряжения равен двум.

Действительно, при выключенных тиристорах $VS1$ и $VS2$ форма мгновенного выпрямленного напряжения u_0 совпадает с соответствующим мгновенным напряжением u_{21} на секции 1-2 или u_{22} на секции 2-3, при этом напряжение u_0 не регулируется. В этом случае на выходе устройства будет минимальное средневыпрямленное напряжение $U_{0\alpha\,min}$, равное

$$U_{0\alpha\,min} = \frac{2 \cdot U_{2\,max}}{\pi}. \qquad (3)$$

При открытых тиристорах $VS1$ и $VS2$ (то есть $\alpha = 0$) мгновенное выпрямленное напряжение u_0 на входе сглаживающего фильтра определяется линейным напряжением u_2 на вторичной обмотке. В этом случае на выходе устройства будет максимальное значение средневыпрямленного напряжения $U_{0\alpha\,max}$, определяемое по формуле

$$U_{0\alpha\,max} = 2 \cdot \frac{2 \cdot U_{2\,max}}{\pi}. \qquad (4)$$

Регулировочная характеристика (в безразмерном виде) рассматриваемого УВ с ВД может быть получена из известного выражения [3]

$$\frac{U_{0\alpha}}{U_0} = \frac{1}{2}(m + 1 + (m - 1) \cdot \cos\alpha)$$

при $m = 2$ и имеет вид

$$\frac{U_{0\alpha}}{U_0} = \frac{1}{2}\ 3 + \cos\alpha\ \ . \qquad (5)$$

В рассмотренной схеме УВ с ВД, работающего на активно-индуктивную нагрузку (рис.1), отсутствует нулевой (обратный) диод, шунтирующий вход сглаживающего фильтра. Это обусловлено тем, что при выключенных тринисторах ток нагрузки i_0 не имеет разрывов и замыкается через коммутирующий диод (рис.2,*к*).

Библиографический список

1. Битюков В.К., Битюкова Г.В., Кузеленкова Е.Г., Симачков Д.С. Выпрямитель с вольтодобавкой – объект для изучения аналоговой схемотехники. Материалы XI Международной научно-практической конференции “Инновации на основе информационных и коммуникационных технологий ИНФО 2014”, 1-19 октября 2014 г., г. Сочи. М.: НИУ ВШЭ, 2014. – с. 46-48.

2. Бартенев В.Г., Битюков В.К., Кузеленкова Е.Г. Инновационный курс «Программируемая радиоэлектроника» для инженерных вузов. - Цифровая обработка сигналов. 2011, №4. – с.37-41.

3. Битюков В.К., Симачков Д.С. Методические особенности построения управляемых выпрямителей с вольтодобавкой. – Учебный эксперимент в образовании. 2014, №1. – с.64-79.

4. Источники электропитания радиоэлектронной аппаратуры Справочник / Г.С. Найвельт, К.Б. Мазель, Ч.И. Хусаинов и др.; Под ред. Г.С. Найвельта. – М.: Радио и связь, 1985. – 576 с.

5. Битюков В.К., Власюк Ю.А., Нефедов В.И. Физические основы преобразовательной техники. Учебное пособие. М.: МИРЭА. 2005. – 148 с.

УДК 621.316.9.06

ПРИНЦИП ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК ОТ ДУГОВЫХ ЗАМЫКАНИЙ

Битюков В.К., Монаков В.К., Кудрявцев Д.Ю.,
МИРЭА, г. Москва, Россия

Одним из наиболее опасных аварийных режимов в электрических сетях и электроустановках является режим аварийного короткого замыкания (КЗ), приводящего к пожарам в электроустановках и кабельном хозяйстве. Многочисленные исследования [1] показывают, что аварий-

ное КЗ – это, как правило, дуговое КЗ, сопровождающееся выделением энергии в месте КЗ и развитием высокой температуры – до 3000 градусов. При этом ток дугового КЗ всегда меньше тока металлического КЗ в цепи с идентичными параметрами, что может явиться причиной несрабатывания установленных в цепи защит. В целом обнаружение загорания дуги в электроустановке является довольно сложной технической задачей в силу трудности выделения сигнала, свидетельствующего о загорании в электроустановке электрической дуги (параллельной или последовательной).

На загорание параллельной дуги при достаточно большом значении тока реагируют устройства защиты от сверхтоков (автоматический выключатель или плавкая вставка), а при появлении последовательной дуги ток может вообще не увеличиться, так как дуга обладает сопротивлением, большим, чем сопротивление проводов. Дуговое замыкание на землю является утечкой тока и распознаётся УЗО. Поэтому наиболее сложной и актуальной задачей является поиск критериев, позволяющих достоверно распознавать *последовательное дуговое замыкание* по электрическим сигналам.

В 2000-е годы сначала в США, а затем и в России был получен ряд патентов [2–4] на новый класс электрозащитных приборов – УЗДЗ (устройств защиты от дуговых замыканий), в практике США – AFCI (Arc Fault Circuit Interrupter).

В США, где проблема предотвращения пожаров стоит довольно остро (более 40000 пожаров ежегодно), национальные электротехнические нормы National Electrical Code (NEC) в соответствии с нормами лаборатории Underwriters Laboratories (UL) в 2008 году выпустили предписание об обязательном применении УЗДЗ в бытовых электроустановках UL 1699 [5]. Ряд фирм представил на рынок несколько типов этих устройств – Eaton (BR120AF), Murray (MP-AT), Siemens (Q115AFP).

В Европе устройства данного типа пока не получили распространения, хотя в 2011 году Союзом немецких электротехников (VDE) был сделан первый шаг в этом направлении и опубликован проект стандарта на данные устройства [6].

В данной работе описан вариант решения задачи распознавания последовательного дугового замыкания в электроустановке. На основе обобщённого представления о коммутационных процессах построена модель и введено ключевое понятие нестационарного коммутационного процесса. Предложен способ выделения из суммарных электрических сигналов электроустановки – тока нагрузки и напряжения на нагрузке – сигналов, характерных для этого процесса [7].

Нагрузка электроустановки представляет собой совокупность элек-

троприёмников, включённых параллельно друг другу. Полагается, что мгновенное напряжение одинаково для всех электроприёмников и равно напряжению на линии $u(t)$. При возникновении последовательного дугового замыкания на линии некоторые электроприёмники оказываются подключенными к источнику энергии через электрическую дугу. Таким образом, нагрузку можно сгруппировать в два блока (рис.1,*а*): электроприёмники $1,...,m$, в которых возникло искрение (он может быть и один) и остальная нагрузка $(m \quad 1),...,n$. Блоки получают питание от одного источника и включены параллельно. В соответствии с этим ток нагрузки также разделяется на два слагаемых:

$$i(t) \quad \underset{k\ 1}{\overset{m}{i_k(t)}} \quad \underset{l\ m\ 1}{\overset{n}{i_l(t)}} \quad i_{сиг}(t) \quad i_{фон}(t), \qquad (1)$$

где $i_{сиг}$ – ток, содержащий в себе сигнал о возникшем дуговом замыкании, $i_{фон}$ – ток неповрежденной цепи, т.е. фоновой составляющей. По условиям рассматриваемой задачи ток, проходящий через разрядный промежуток, несёт полезную информацию, а ток, минующий разряд, является помехой, или фоном.

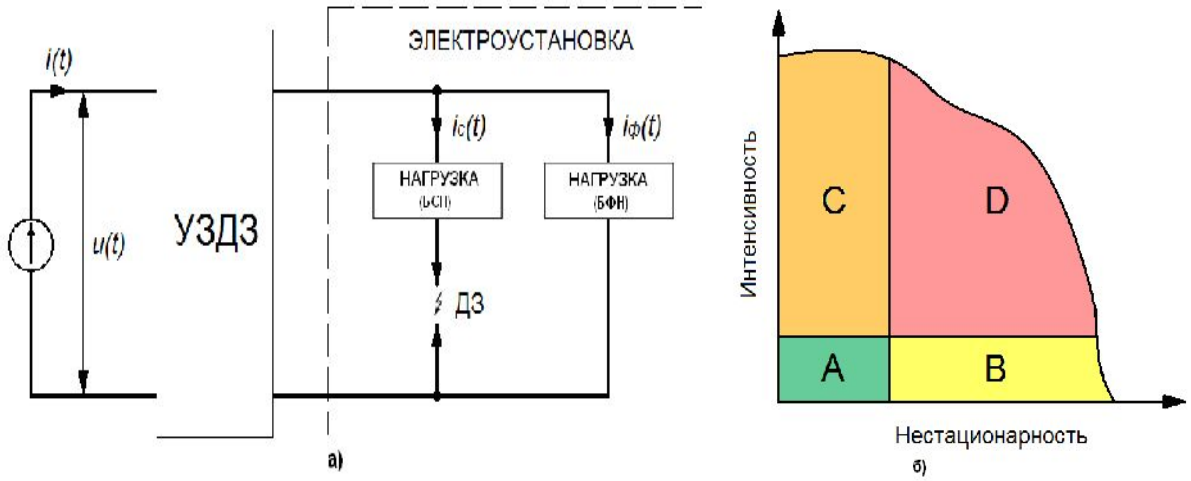


Рис.1. а) структурная схема электроустановки, поясняющая группировку потребителей, БСН – блок сигнальной нагрузки, БФН – блок фоновой нагрузки, ДЗ – дуговое замыкание; б) диаграмма, иллюстрирующая классификацию коммутационных процессов.

Предложена стохастическая модель, описывающая последовательности коммутаций в электроустановке. Существенными характеристиками этого процесса являются интенсивность (средняя энергия коммутаций за единичный промежуток времени, т.е. средняя мощность

коммутаций) и стационарность (постоянство вероятностных свойств во времени). Показано, что коммутационный процесс, порождённый дуговым замыканием, нестационарен. Однако при достаточно малой интенсивности он не представляет большой опасности, так как не способен вызвать возгорание.

По этим атрибутам последовательности коммутаций были классифицированы (рис.1,*б*):

A. Стационарные процессы малой интенсивности порождаются электроприёмниками малой мощности (коллекторные электродвигатели, импульсные преобразователи, стабилизаторы и пр.).

B. Нестационарные процессы малой интенсивности порождаются единичными коммутациями электроприёмников (оператором или исполнительными механизмами), либо дуговым замыканием на маломощных нагрузках.

C. Стационарный процесс большой интенсивности порождается электроприёмниками большой мощности (коллекторные электродвигатели, импульсные преобразователи, стабилизаторы и пр.).

D. Нестационарный процесс большой интенсивности порождается искрением и дуговым разрядом (в соединительных узлах, кабелях и т.д.).

При дуговом замыкании энергия коммутации представляет собой энергию, рассеянную на разряде. Разряд протекает, как правило, в малом объёме V, т.е. локализован в пространстве, так что источник тепла можно считать точечным (рис.2). Поскольку объём V связан с окружающей средой (система диссипативная), то неравновесное тепло будет рассеиваться, вызывая остывание объёма по экспоненциальному закону (в простейшей модели).

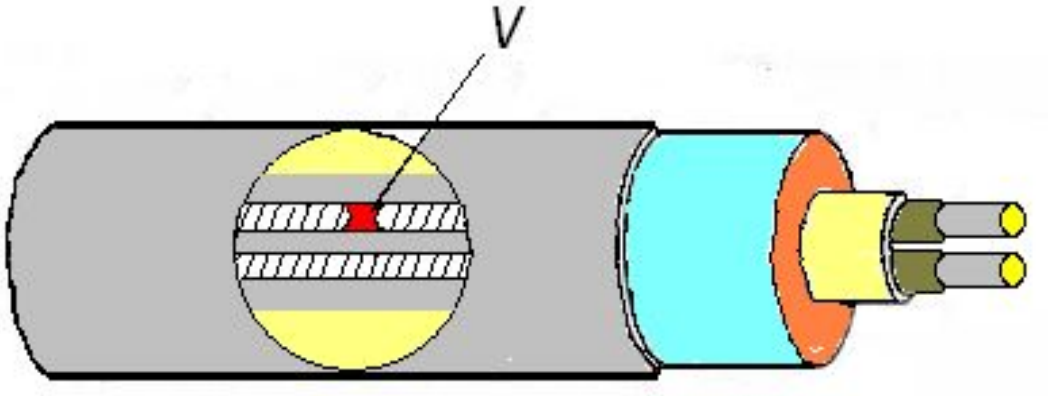


Рис.2. Последовательное дуговое замыкание в кабеле при обрыве проводника

Выражая температуру объёма в момент времени $t\ \ dt$ через температуру в момент t (считая без ограничения общности, что равновесная

температура равна нулю):

$$T(t \quad dt) \quad T(t)e^{\quad dt} \quad T, \text{ где } \quad T \quad \frac{dQ}{cm} \quad \frac{P_{раз}dt}{cm}. \qquad (2)$$

Тогда $dT \quad T \quad e^{\quad dt} \quad 1 \quad \frac{P_{раз}}{cm}dt$, а поскольку $e^{\quad dt} \quad 1 \quad dt \quad o(dt)$ по базе $dt \quad 0$, то $dT \quad T \quad dt \quad o(dt) \quad \frac{P_{раз}}{cm}dt$, $\frac{dT}{dt} \quad T \quad o(1) \quad \frac{P_{раз}}{cm}$. После перехода к пределу по базе $dt \quad 0$ окончательно получено линейное неоднородное дифференциальное уравнение первого порядка:

$$\frac{dT}{dt}(t) \quad T(t) \quad \frac{P_{раз}(t)}{cm}. \qquad (3)$$

Это уравнение теплового режима объёма, в котором происходит разряд, т.е. оно является уравнением теплопроводности (теплопереноса) в некоторой интегральной форме.

Мощность (источника тепла) $P_{раз}(t)$ следует считать воздействием, а температуру $T(t)$ – реакцией тепловой системы.

Для разработки защиты от дугового замыкания, т.е. нестационарного коммутационного процесса рассмотрено сопротивление разряда – источника нестационарного коммутационного процесса, которое считается случайным процессом и обозначено $R_{раз}(t, \quad)$. Разряд индуцирует случайные процессы $i_{сиг}(t, \quad)$ и $P_{раз}(t, \quad)$, описывающие ток разряда и мощность на разряде соответственно:

$$i_{сиг}(t, \quad) \quad \frac{u_{раз}(t, \quad)}{R_{раз}(t, \quad)}, \qquad (4)$$

$$P_{раз}(t, \quad) \quad i_{сиг}^2 \quad R_{раз} \quad (t, \quad) \quad i_{сиг} \quad u_{раз} \quad (t, \quad). \qquad (5)$$

ЭДС источника, как правило, обладает свойством периодичности или хотя бы стационарности (постоянная, синусоидальная, периодическая, медленно меняющаяся и т.д.). Сопротивление большинства электрических нагрузок в рабочем режиме достаточно регулярно (линейное, нелинейное, периодически меняющееся и т.д.). Поэтому в рабочем режиме работы ток нагрузки (случайный процесс $i_{фон}$) обладает свойством периодичности или стационарности, в отличие от тока разряда $i_{сиг}$. Этими свойствами обладают и соответствующие компоненты мощности

$$P \quad i \quad u \quad (i_{сиг} \quad i_{фон}) \quad u \quad i_{сиг} \quad u \quad i_{фон} \quad u \quad P_{сиг} \quad P_{фон}.$$

Для синтеза распознающей системы за контролируемую величину

принята усреднённая по объёму источника нестационарного коммутационного процесса температура, а за уставку – температура возгорания изоляции, контактирующей с разрядом. Температура вычислена с помощью уравнения (3), с учетом теплофизических параметров и мощности из уравнения (5).

Интегрированием этой оценки по фрагменту T , получена оценка энергии $W_{раз}(t)$, рассеянной на разряде за время T :

$$W_{раз}(t) \quad \int_{t\ T}^{t} |P(\ ) \quad P(\quad T)|d \quad \int_{t\ T}^{t} |(u\ i)(\ ) \quad (u\ i)(\quad T)|d \quad . \qquad (6)$$

Для ослабления влияния помех, порождаемых переходными процессами в электроустановке и способных вызвать ложное срабатывание устройства защиты, введены фильтр высоких частот и амплитудный дискриминатор полосового типа, предшествующие интегрирующему фильтру (рис.3).

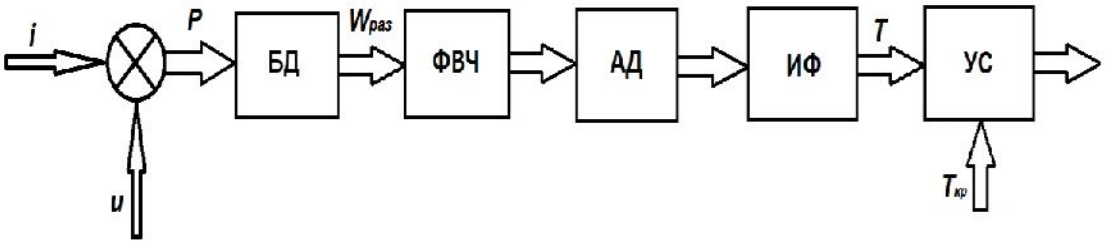


Рис.3. Структурная схема распознающей системы
(БД – блок дискриминации, ФВЧ – фильтр высоких частот,
АД – амплитудный дискриминатор, ИФ – интегрирующий фильтр,
УС – устройство сравнения)

Алгоритм распознавания дуги представляет собой процесс одновременной обработки двух сигналов, выделяемых из измеренных значений тока контролируемой цепи, и сравнения полученных уровней этих сигналов с заданными уставками. Сигнал напряжения используется для синхронизации. Структурная схема устройства, реализующего данный алгоритм, представлена на рис.4.

Работа новых устройств заключается в мониторинге процессов в контролируемой цепи и выделении сигналов, свидетельствующих о загорании в электроустановке электрической дуги. Описан вариант решения задачи, построена стохастическая модель процесса, разработаны алгоритм распознавания дуги и структурная схема устройства защиты.

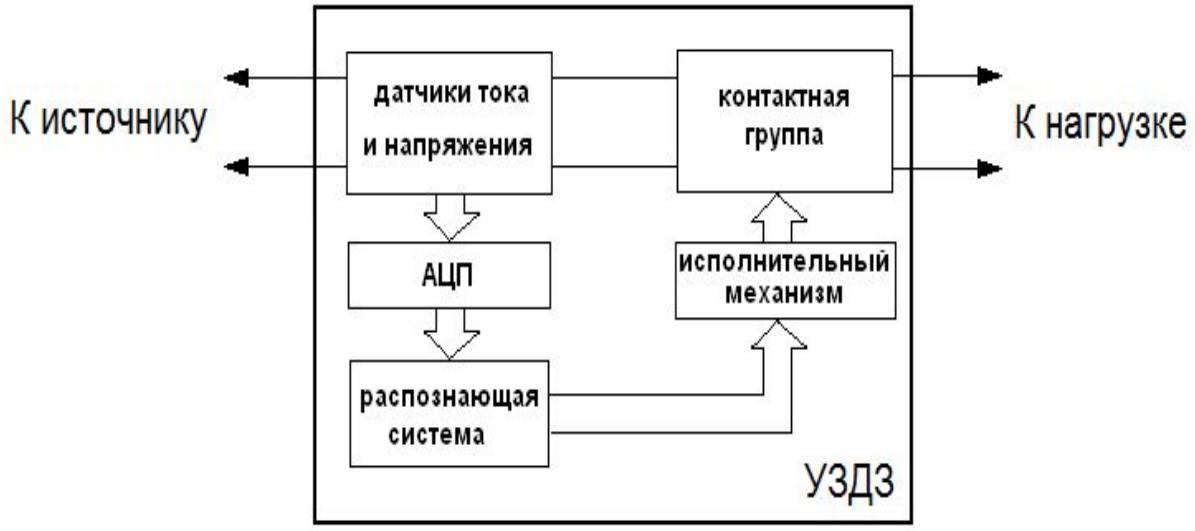


Рис.4. Структурная схема цифрового УЗДЗ

Библиографический список

1. Шиша М., Александров В., Рычагов В. Влияние электрической дуги на ток КЗ в сетях напряжением до 1 кВ. Новости электротехники №4, 2014.

2. Andy A. Haun, Robert F. Dvorak, Brett E. Larsen. Arc Fault Protection Device // патент США №6567250. – 2003.

3. Bruce F. Macbeth, Tab Cox. Upsrtream/Downstream Arc Fault discriminator // патент США №6987389. – 2006.

4. Монаков В.К., Минченко А.В., Козырев А.А. Устройство защиты электроустановок с функцией детектирования аварийной электрической дуги // Патент РФ №117686. – 01.08.2011.

5. UL 1699 «Arc-Fault Circuit-Interrupters» – NFPA 70. – the National Electrical Code (NEC). – Section 210-12.

6. DIN IEC 62606 (VDE 0665-10) «General requirements for arc fault detection devices». – 2012-02.

7. Монаков В.К., Битюков В.К. Устройство защиты электроустановок от дуговых замыканий // Материалы XI международной научно-практической конференции «Инновации на основе информационных и коммуникационных технологий, ИНФО-2014». Сочи: 1-10 октября 2014. С.375-377.

СЕКЦИЯ 2. СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

УДК 621.396.41

ПОВЫШЕНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ РЕТРАНСЛЯТОРА СИСТЕМЫ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ С ЧАСТОТНЫМ РАЗДЕЛЕНИЕМ КАНАЛОВ

Абакумова А.Ю., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

При организации спутниковой связи на основе многостанционной работы с частотным разделением каналов земные станции излучают сигналы на разных несущих таким образом, что их спектры практически не перекрываются. Задача оптимизации работы системы связи состоит в таком выборе параметров сигналов, при котором обеспечивается максимальная пропускная способность ретранслятора. Если предположить, что все сигналы в системе идентичны (одинаковая мощность, один вид модуляции и т.д.), то пропускная способность системы будет пропорциональная числу несущих в стволе ретранслятора. Увеличение числа сигналов и, следовательно, уменьшение частотного разноса между каналами приводят к возрастанию межканальных помех, уровень которых можно снизить, применяя более сложные фильтры в тракте приема передачи. Для заданного частотного разноса между каналами существует оптимальная комбинация фильтров передачи и приема, при которой реализуется наилучшая помехоустойчивость [1].

Полоса частот, требуемая для передачи одного канала с учетом защитного частотного интервала:

$$f \quad k \; f_c,$$

где f_c – ширина спектра модулированного радиосигнала, k – величина запаса по частоте, связанная с наличием защитного частотного интервала.

Обычно при частотном разделении каналов k=1,2…1,6 [1,2], то есть защитный интервал составляет 20…60% от величины f_c. В настоящее время использование фильтров Найквиста в оборудовании спутниковой связи позволяет передавать несущие с защитным интервалом ниже 10%, величина k может достигать 1,05 [3], что приводит к существенному увеличению пропускной способности ретранслятора.

Проверка возможности приблизиться к защитному интервалу 5% при различных начальных условиях (отношении энергии несущей, приходящейся на 1 бит сообщения, к спектральной плотности мощности шумов и помех E_b/N_0 , скорости передачи информации *V*, избыточности) была выполнена на измерительной установке, схема которой представлена на рис.1.

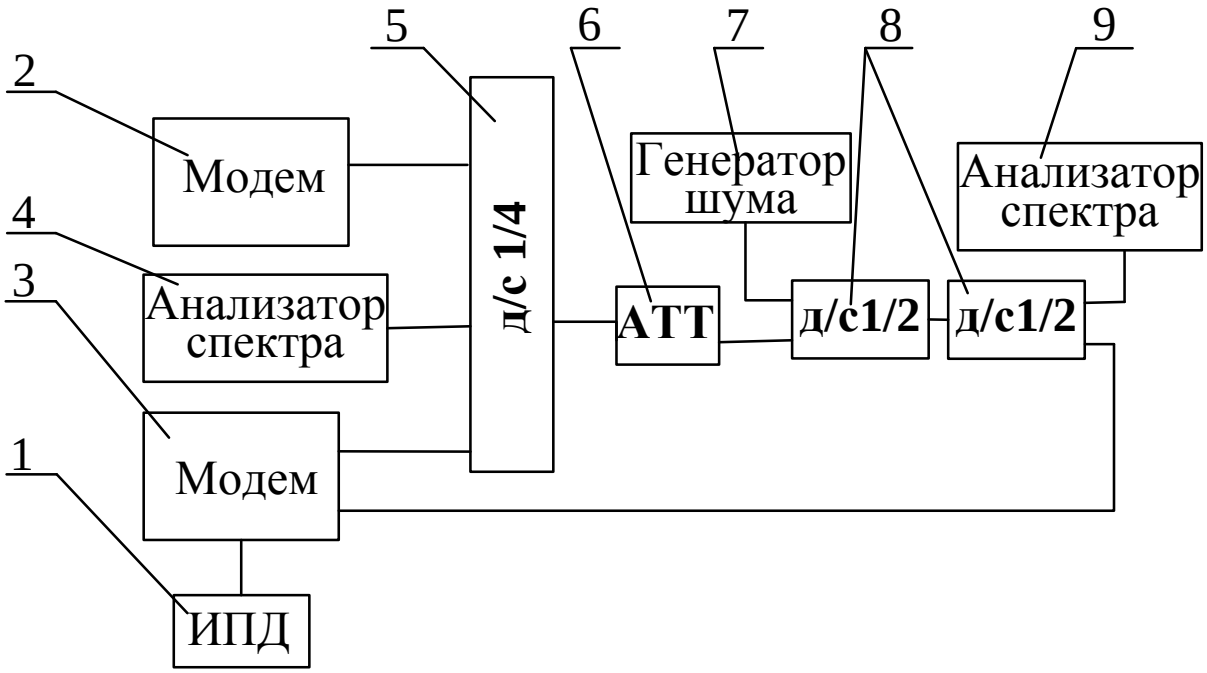


Рис.1. Схема измерительной установки.
1 – измеритель потери достоверности «ИПД», ЛОНИИР; 2,3 – спутниковый цифровой модем Этра МД-4L, Этра-плюс; 4,9 – анализатор спектра, Rohde & Schwarz; 5 – делитель-сумматор L диапазона ¼, RadioComm; 6 – аттенюатор 20 дБ, 7 – генератор шума L диапазона, RadioComm; 8 – делитель/сумматор ½

Были получены зависимости вероятности ошибочного приема символа *P* от величины запаса по частоте *k* при различных соотношениях E_b/N_0 на входе демодулятора для следующих случаев:

– *V* =2048 бит/с, сверточное кодирование (в соответствии с IESS-308/309 с декодированием по алгоритму Витерби) со скоростью кода 3/4, модуляция QPSK (рис.2);

– *V* =2048 бит/с, сверточное кодирование со скоростью кода 7/8, модуляция QPSK; блочное турбокодирование со скоростью 7/8 , модуляция QPSK (рис.3).

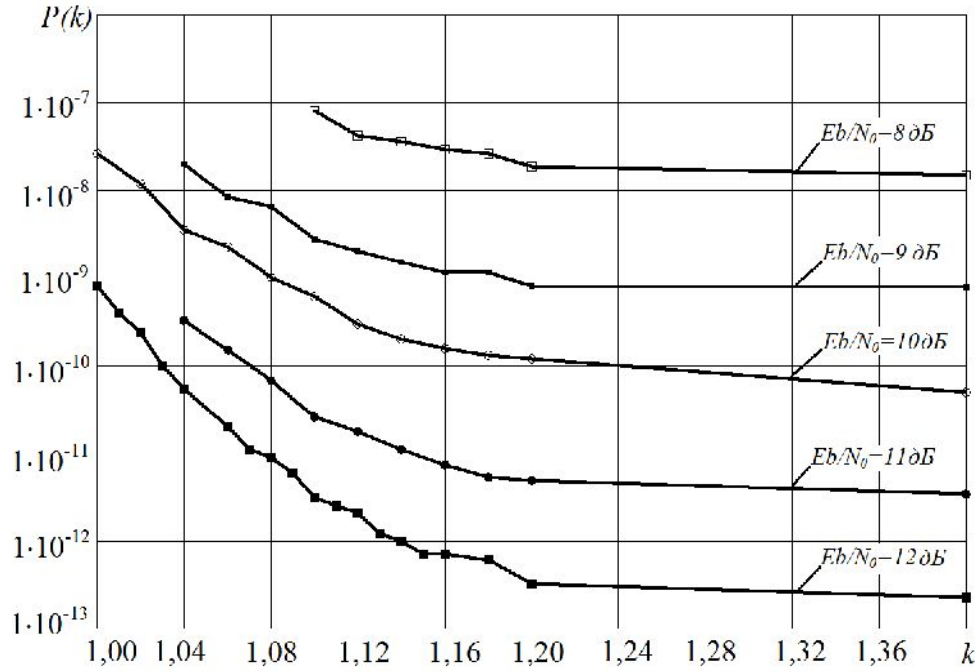


Рис.2. Графики зависимости вероятности ошибочного приема символа от величины запаса по частоте при сверточном кодировании со скоростью кода 3/4

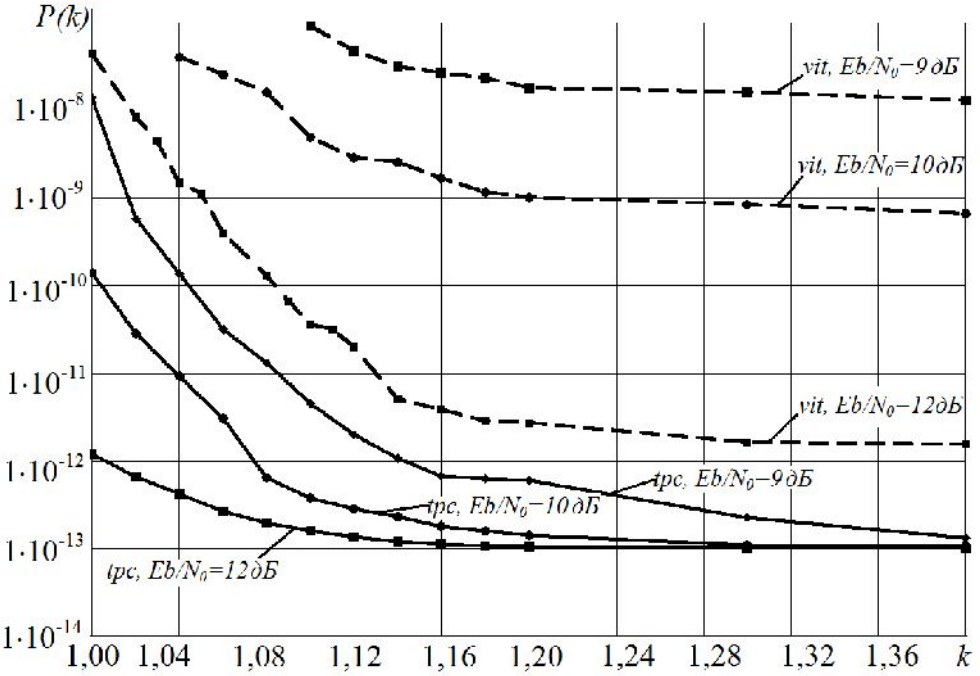


Рис. 3. Графики зависимости вероятности ошибочного приема символа от величины запаса по частоте при сверточном кодировании со скоростью кода 7/8 и блочном турбокодировании

Анализ зависимостей, представленных на рис.2 и рис.3, показывает:

- уменьшение защитного частотного интервала до 15% (k=1,15) не приводит к большому ухудшению вероятности ошибочного приема символа особенно при E_b/N_0 >10 дБ;
- при дальнейшем уменьшении значения величины запаса по частоте k наблюдается значительное снижение вероятности ошибочного приема символа *P*. Степень снижения зависит от соотношения E_b/N_0 и способа кодирования;
- при избыточности 7/8 желательно вводить другое кодирование.

Уменьшение величины запаса по частоте возможно до 1,05 и даже до 1,0 при условии обеспечения необходимого значения E_b/N_0 .

Библиографический список

1. Банкет В.Л., Дорофеев В.М.. Цифровые методы в спутниковой связи. - М.: Радио и связь, 1988.–240 с.

2. Камнев В.Е. Черкасов В.В., Чечин Г.В. Спутниковые сети связи: учебное пособие. – М.:ООО «Военный Парад», 2010. -608 с.

3. Паутов Г. Оптимизация использования спектра за счет улучшения технологии фильтрации // Спутниковая связь и вещание. - 2014. - С. 42.

УДК 681.3

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВЕРОЯТНОСТИ ОШИБОК ДЕКОДИРОВАНИЯ КОДОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ RIJNDAEL

Бильдюк Д.М.
Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Беларусь

Введение

Нелинейный двоичный блоковый код на основе алгоритма *Rijndael* (далее блоковый *R*-код) кодовой длины *n* и информационной длины *k* обладает как криптографическими, так и помехоустойчивыми свойствами [1-4]. Декодирование такого кода осуществляется переборными методами – либо по принципу максимального правдоподобия, либо на основе перебора возможных ошибок (например, на основе де-

кодеров Чейза) [1].

Недостатком алгоритма используемого в декодере максимального правдоподобия (далее ДМП) является его высокая вычислительная сложность (по сравнению с известными алгоритмами декодирования для линейных кодов) [5]. Тогда актуальной является задача поиска других вариантов формирования *R*-кода с более быстрыми методами декодирования.

Среди алгоритмов декодирования сверточных кодов известен алгоритм Витерби [6]. Указанный алгоритм реализует метод динамического программирования, часто определяется как алгоритм максимального правдоподобия [7] и может быть использован для декодирования сверточных кодовых конструкций на основе алгоритма *Rijndael* (далее сверточный *R*-код).

Схема формирования двоичных блокового и сверточного *R*-кода

Двоичный блоковый *R*-код с параметрами $(n,k,d_{\min})$ определяется как множество отображённых k-мерных векторов $\mathbf{a}$ $GF(2^k)$ в другое множество n-мерных векторов $\mathbf{c}$ $GF(2^n)$, k n [1]. Отображение реализуется на основе криптографического алгоритма $Rijndael_{m,n}$ с ключом шифрования $\mathbf{s}$ $GF(2^m)$, вектором избыточности $\mathbf{v}$ $GF(2^r)$, вектором инициализации $\mathbf{iv}$ $GF(2^u)$, u $128,192,256$, r n k, и задается функцией $(\mathbf{a},\mathbf{s},\mathbf{v}):GF(2^k)$ $GF(2^n)$ [3]:

$$
\begin{aligned}
&\mathbf{c} \quad (\mathbf{a},\mathbf{s},\mathbf{v},\mathbf{iv}):(\mathbf{a},\mathbf{s},\mathbf{v},\mathbf{iv}) \quad (\\
&\quad \mathbf{o} \quad \mathbf{iv}; \quad \mathbf{av} \quad \mathbf{a}\,|\,\mathbf{v};\\
&\quad \mathbf{for}\ i\ \mathbf{from}\ 0\ \mathbf{to}\ n \quad 1\ \mathbf{do}\\
&\qquad c_i \quad Rijndael_{m,u}(\mathbf{o},\mathbf{s}) \quad _{u\ 1} \quad av'_i;\\
&\qquad \mathbf{o} \quad (o_1,o_2, \quad o_{u\ 1},c_i);\\
&\quad \mathbf{end\,do};\\
&\mathbf{return\,c};\ ).
\end{aligned}
\qquad (1)
$$

Схема формирования двоичного блокового *R*-кода по функции (1) представлена на рис. 1.

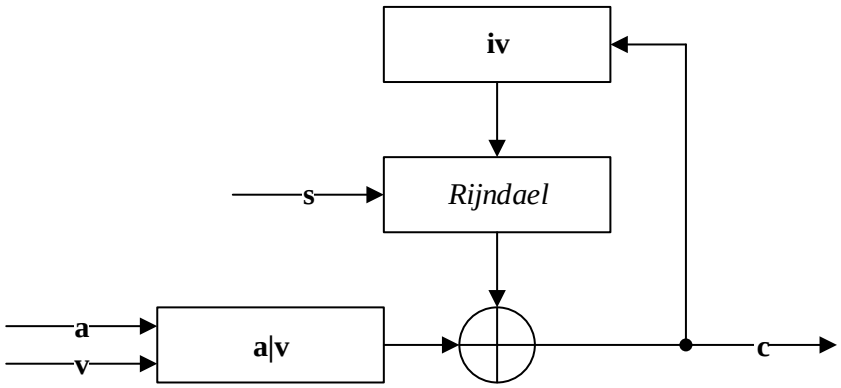


Рис.1. Схема формирования двоичного блокового R-кода

Каждый кадр кодового слова $\mathbf{c} \quad (c_0, c_1, \quad , c_{n\ 1}) \quad GF(2^n)$, формируемый на основе текущего кадра информационного слова $\mathbf{a} \quad (a_0, a_1, \quad , a_{k\ 1}) \quad GF(2^k)$, двоичного сверточного *R*-кода с параметрами (n, k) скорости $k / n \quad k / n$, с состоянием внутренних регистров

$$\mathbf{iv} \quad (iv_0, iv_1, \quad , iv_{u\ 1}) \quad GF(2^u)$$

и дополнением

$$\mathbf{v} \quad (v_0, v_1, \quad , v_{r\ 1}) \quad GF(2^r)$$

задается функцией

$(\mathbf{a}, \mathbf{s}, \mathbf{v}, \mathbf{iv}) : (GF(2^k), GF(2^u)) \quad (GF(2^n), GF(2^u))$ [7]:

$$\begin{aligned} \mathbf{c}, \mathbf{iv} \quad & (\mathbf{a}, \mathbf{s}, \mathbf{v}, \mathbf{iv}) : (\mathbf{a}, \mathbf{s}, \mathbf{v}, \mathbf{iv}) \quad (\\ & \mathbf{o} \quad Rijndael_{m,u\ r}(\mathbf{iv} \mid \mathbf{v}, \mathbf{s}); \\ & \mathbf{c} \quad (o_0, o_1, \quad , o_{n\ 1}); \\ & \mathbf{iv} \quad (a_0, a_1, \quad , a_{k\ 1}, iv_0, iv_1, \quad iv_{u\ k\ 1}); \\ \mathbf{return}\, & \mathbf{c}, \mathbf{iv};). \end{aligned} \tag{2}$$

Схема формирования двоичного блокового *R*-кода по функции (2) представлена на рис. 2.

Для оценки помехоустойчивых свойств кода принято использовать зависимость вероятности ошибки на информационный бит от отношения сигнал/шум определяемого как отношение энергии одного бита кодового слова к спектральной плотности мощности шума в пределах ширины спектра передаваемого сигнала в канале с аддитивным белым гауссовским шу-

мом (далее АБГШ) [7].

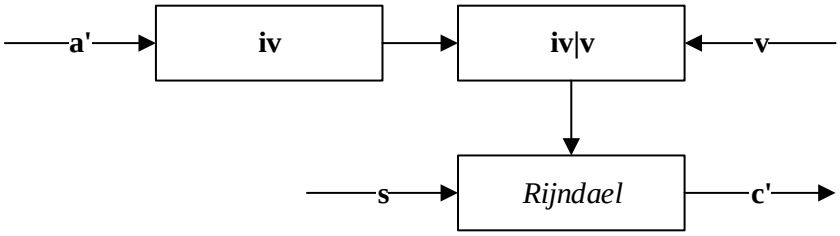


Рис. 2. Схема формирования двоичного сверточного R-кода

Оценка помехоустойчивых свойств двоичных блокового и сверточного *R*-кода

Сравнение помехоустойчивых свойств двоичного блокового *R*-кода с кодами БЧХ можно найти в [3]. Для сравнения помехоустойчивых свойств двоичного сверточного *R*-кода скорости $1/3$ и $u \quad 6$ (см. (2)) (далее (3, 1) *R*-код) с линейными сверточными кодами был выбран один из наилучших двоичных сверточных кодов скорости $1/3$ с порождающими полиномами 133, 171 и 165 (восьмиричный формат записи векторного представления полиномов) – далее (133, 171, 165) ЛСК-код [7]. Блоковый *R*-код был выбран исходя из скоростных характеристик используемых сверточных кодов с параметрами (63, 18) (см. (2)) (далее (63, 18) *R*-код) [3].

Для оценки кодовых конструкций (1), (2) и (133, 171, 165) ЛСК-кода использовалась компьютерная модель системы связи разработанная под среду *Simulink* программного пакета *MatLab*, структурная схема которой изображена на рис.1.

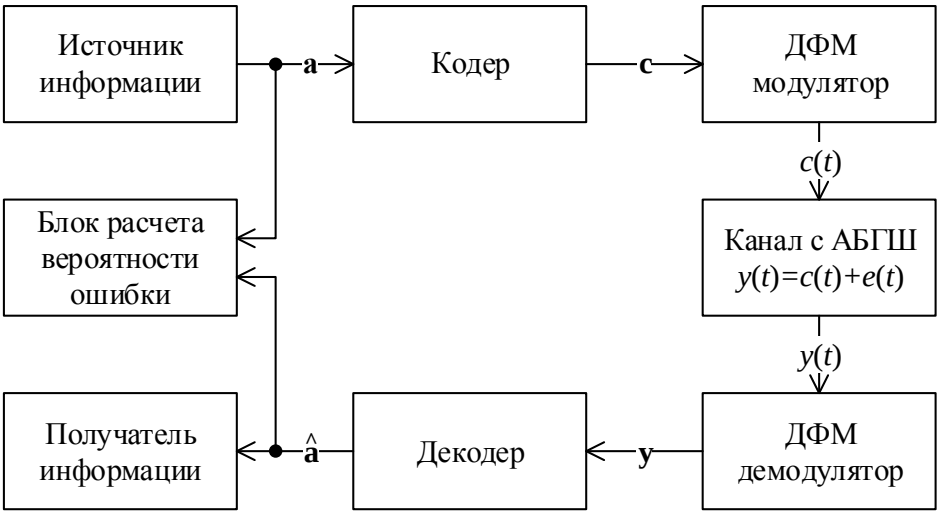


Рис.1. Структурная схема модели системы связи с помехоустойчивым кодированием и каналом связи с АБГШ при использовании

ДФМСравнительный анализ эффективности корректирующих кодов *R* и ЛСК осуществлялся с использованием рассмотренной выше модели (см. рис.1) на основе зависимости P_e от отношения E_b / N_0. Дополнительно был использован не кодированный ДФМ сигнал для оценки достоверности результатов моделирования, а также корректирующие *R*-коды с неверным ключом шифрования для подтверждения наличия криптографических свойств.

Результаты моделирования представлены на рис.2.

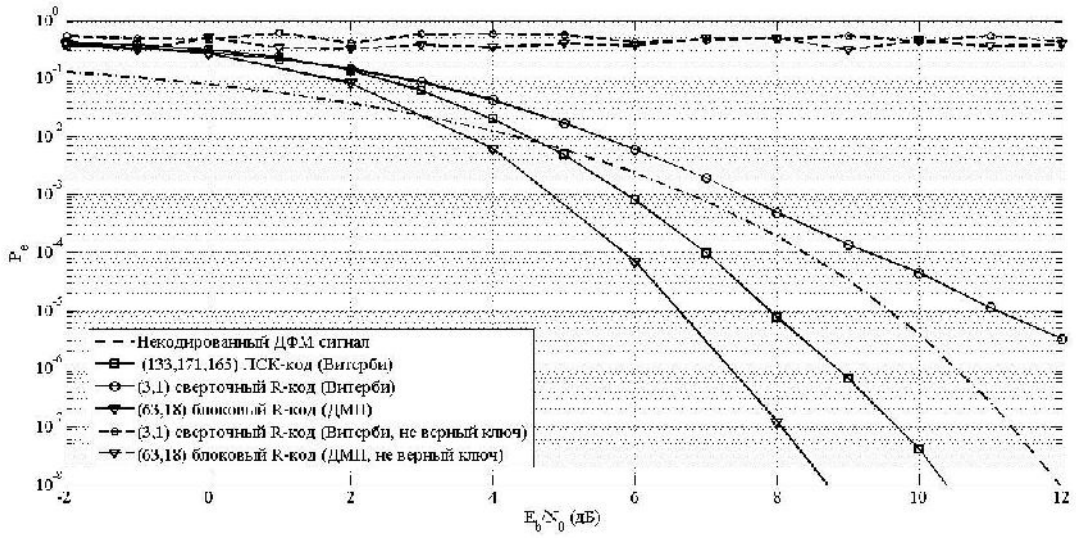


Рис.2. Результаты моделирования компьютерной модели системы связи

Представленные результаты показывают, что:

- помехоустойчивые свойства (3, 1) *R*-кода хуже чем у (133, 171, 165) ЛСК-кода (около 3 дБ на уровне вероятности ошибки 10^{-5}), однако первый дополнительно обладает криптографическими свойствами;
- помехоустойчивые свойства (63, 18) *R*-кода лучше, чем у (133, 171, 165) ЛСК-кода (около 1 дБ на уровне ошибки 10^{-5}), при этом первый обладает дополнительными криптографическими свойствами.
- помехоустойчивые *R*-коды поддерживают ключевую защиту данных.

Выводы

Формирование помехоустойчивых криптографических кодовых конструкций на основе алгоритма *Rijndael* может осуществляться с учетом критериев требуемой вероятности ошибки передачи данных при заданном диапазоне E_b / N_0, быстродействия и обеспечения ключевой защиты. Так, сверточные *R*-коды с декодером Витерби осуществляют более быструю

обработку данных но обладают более высокими вероятностями ошибки декодирования.

Более высокие вероятности ошибки декодирования сверточного (3, 1) *R*-кода по сравнению с (133, 171, 165) ЛСК-кодом объясняются высокими покозателями диффузионных свойств *R*-кода [4].

Библиографический список

1. Бильдюк Д.М., Саломатин С.Б. // Декодирование нелинейного помехоустойчивого кода на базе криптографического алгоритма rijndael, Доклады БГУИР №8(70), 2012 – с.75-80.

2. Бильдюк Д.М., Саломатин С.Б. // Дистанционные свойства нелинейного помехоустойчивого кода на базе криптографического алгоритма Rijndael, Доклады БГУИР №7(69), 2012 – с.105-109.

3. Бильдюк Д.М., Саломатин С.Б. // Сравнительный анализ вероятности ошибок декодирования кодовых конструкций Rijndael и БЧХ, Доклады БГУИР №5(84), 2014 – с.17-23.

4. Elumalai R., Reddy A.R. // Impruving Diffusion Power of AES Rijndael with 8x8 MDS Matrix, International Journal of Scientific Research Volume 2, Issue 3, March-2011.

5. Фомичев В.М. // Дискретная математика и криптология. Курс лекций / Под общ. ред. д-ра физ.-мат. н. Н. Д. Подуфалова. – М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2003 – 400 с.

6. MacWilliams F.J., Sloane N.J.A. // The Theory of Error- Correcting Codes. North-Holland, 1977.

7. Peter Sweeney // Error control coding. From theory to practice. JohnWiley&Sons,Ltd., 2002.

УДК 621.391

ПОСТРОЕНИЕ БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ БЕЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОТОКОЛОВ ВЫСОКОГО УРОВНЯ

И.С. Аблякимов, И.Б. Широков
Севастопольский государственный университет,
г. Севастополь, Россия

В связи с растущей популярностью использования системных решений возрастает потребность в применении распределенных сетей управления и контроля. На данный момент они делятся на проводные и беспро-

водные, причем последние требуют для реализации использования нескольких вложенных протоколов, как например Wi-Fi или ZigBee, что требует применять достаточно сложную и дорогую аппаратную платформу. Однако многие приложения критичны к стоимости аппаратуры, что приводит к необходимости отказаться от беспроводных решений в пользу проводных, которые имеют ряд очевидных недостатков. В статье рассматривается один из возможный методов реализации беспроводных сетей на основе простых и недорогих аппаратных средств.

Одним из наиболее актуальных на сегодняшний день методов реализации распределенных систем управления и контроля является протокол CAN, причем в некоторых отраслях он стал промышленным стандартом.

Наиболее распространенным типом физической реализации шины CAN является использование дифференциальной витой пары, что создает ряд трудностей при развертывании данной сети в реальных условиях. Существует ряд беспроводных решений призванных решить проблемы возникающие при монтаже, например беспроводной мост CAN-AIR/2 (рис.1), однако они ограничивают функциональные возможности стандарта и служат лишь для соединения двух различных сетей между собой.

Рис.1. Модули CAN-AIR/2

Данную ситуацию иллюстрирует рис.2.

Видно, что данная схема не позволяет создать полностью беспроводную сеть CAN. Для решения указанной проблемы обратимся к принципам передачи данных предусмотренным этим стандартом. Согласно ему в среде распространения могут существовать два сигнала — доминантный и ре-

цессивный, очевидно, что присутствие первого исключает присутствие второго. Применительно к радиоканалу это может выглядеть так: доминантный сигнал — несущая есть, рецессивный — несущая отсутствует. Тогда, следуя указанной логике, можно предложить следующую топологию сети (рис.3)

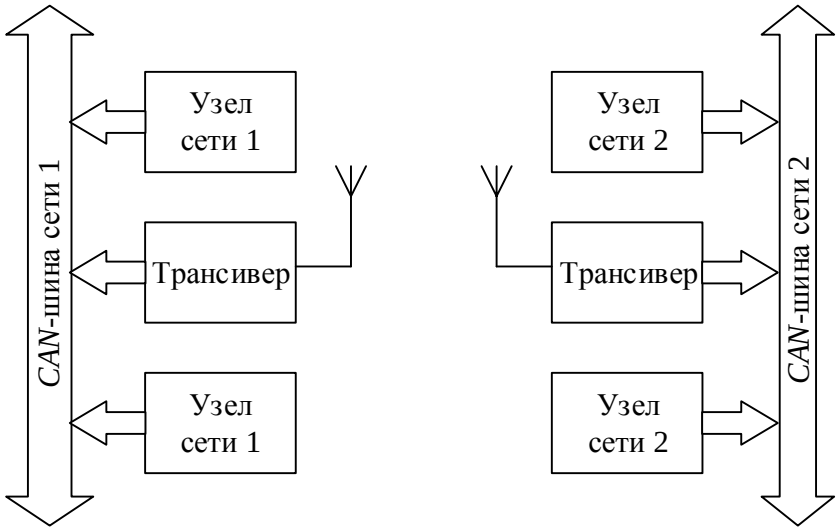


Рис.2. Функциональная схема объединения двух сетей CAN

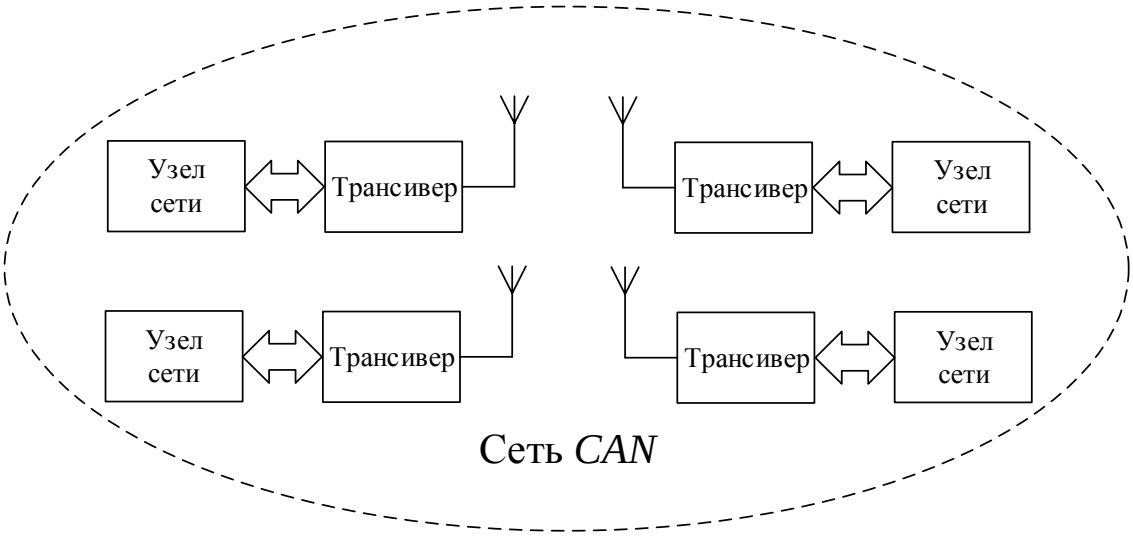


Рис.3. Функциональная схема беспроводной сети CAN

Данная схема полностью сохраняет возможности проводной сети, но при этом лишена ее недостатков. Кроме того, простые узлы сети можно создать без использования микроконтроллеров, что дополнительно упрощает систему. Это достигается за счет использования автономных контроллеров

шины CAN, которые самостоятельно могут осуществлять арбитраж шины и при этом осуществлять простые действия по управлению исполнительными устройствами и считыванию показаний с датчиков. В качестве примера рассмотрим микросхему MCP25055. Она имеет встроенный контроллер шины CAN, десять цифровых линий общего назначения, выходы ШИМ и четыре АЦП. Указанного функционала достаточно для решения ряда простых задач, например управления нагрузкой или измерения температуры.

Таким образом предложенная система может быть использована при создании сети управления и контроля в ситуациях где применение проводной реализации затруднено или невозможно, но при этом требуется простота и невысокая цена. Одним из таких применений может быть система умный дом.

Библиографический список

1. С.А. Третьяков, "Controller Area Network (CAN) - локальная сеть контроллеров."// Журнал «Электроника» № 9 и № 10, 1998, Минск.

2. CAN-AIR/2 Wireless CAN-Bridge [Электронный ресурс] URL: https://esd.eu/en/products/can-air2.

3. MCP2502X/5X CAN I/O Expander Family [Электронный ресурс] URL: http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/21664D.pdf.

УДК 629.3.066.52

PROJECT TANGO КАК СРЕДСТВО СКАНИРОВАНИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЯ ОКРУЖЕНИЯ

Куликов А.Г., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

В феврале 2014 года исследовательская группа Google, называемая Advanced Technology and Projects (ATAP), представила публике проект для автоматического моделирования окружения под названием Project Tango. Идея заключалась в том, чтобы любой человек, имея при себе небольшое специальное устройство или, в идеале, обычный смартфон, мог бы строить модель окружающей обстановки просто включив камеру и снимая все вокруг. При этом, при необходимости, он мог бы пользоваться уже отсканированными моделями помещений, которые были созданы другими людьми. Таким образом, помимо применения моделей в развлекательной сфере (игры на экране смартфона/планшета в декорациях вашей собственной

квартиры), это устройство могло бы упростить работу в киноиндустрии, в дизайне и в исследовательских экспедициях; помочь, к примеру, людям с крайне слабым зрением в незнакомых для них местах в качестве навигатора; в конце концов, карты Google/Yandex, которым люди часто пользуются, могли бы показывать не только панорамы дорог, но и достаточно полные модели локаций.

Что это за устройство? По описаниям образца начала 2014 года, Tango Tablet выглядит как планшет 7", оснащенный:

- передней специальной камерой для трекинга с линзой, шириной 120 градусов,
- вспомогательной камерой с инфракрасным сенсором,
- ИК-прожектором,
- процессором NVIDIA Tegra K1,
- оперативной памятью 4Гб,
- ПЗУ 128 Гб,

а также внутри есть 9-осевой акселерометр, гироскоп и компас [1] [3]. На примере смартфона детали расположены примерно следующим образом (рис.1):

Рис.1. Основные внешние элементы Project Tango

Надо заметить, в современных смартфонах не ставят разве что ИК-прожекторы/сенсоры, а вот все остальное обычно присутствует. Опуская дополнительные подробности устройства, рассмотрим, насколько хорошо такая комбинация элементов в теории может помочь получить пригодный

для использования результат.

3D-трекинг видеоизображения уже многие годы используется повсеместно в киноиндустрии, ведь для получения 3D-камеры, необходимой для корректной интеграции съемочного материала в трехмерную сцену и наоборот, в принципе, достаточно только видеоматериала. На основе положения некоторых объектов и участков кадра, движение которых в кадре относительно камеры художник обозначит, и анализа остальных участков, в некоторых случаях программа трекинга может выдать удовлетворительные результаты. Их можно улучшить, если учитывать параметры съемочного оборудования и сцены - возможно были проведены какие-то замеры расстояний на съемках. В условиях, когда со съемок не пришли никакие данные о линзе, о камере и о сцене, художнику компьютерной графики приходится либо задавать приблизительные параметры, либо позволять программе трекинга определить их самостоятельно. Однако, в случае Project Tango, так как оборудование всегда одно, проблем становится меньше. Рассмотрим искажения, которые желательно учитывать при трекинге:

- деформации изображения, вносимые линзой (вносят серьезные ошибки при использовании широкоугольных линз);

- хроматические аберрации (в некоторых случаях желательно устранить перед трекингом);

- цветовой шум (мешает программе трекинга уловить слабые колебания камеры);

-перепады фокуса (порой дают дополнительные искажения).

Разумеется, в Project Tango есть возможность непосредственно перед трекингом применить операции, исправляющие деформации, аберрации и шум, т.к. соответствующие профили искажений уже были готовы на этапе разработки, а разность фокуса в изображении для столь широкой линзы практически не играет роли. Таким образом, если в кадре есть движение и есть заметный параллакс объектов (разность в расположении их относительно остальных объектов при смене точки съемки), то программа трекинга сможет распознать расстояние до различных точек пространства и выстроить сцену.

Но что если камера движется слабо или не движется вовсе? Ведь тогда никакая программа не сможет определить дальность от камеры того или иного объекта и сцену, близкую к реальной построить не получится. Для решения этой проблемы в Project Tango используется ИК-прожектор и вспомогательная камера. Благодаря их разнесенности на корпусе, появляется возможность использовать их как дальномер. Принцип работы такого дальномера в общем случае выглядит следующим образом (рис.2).

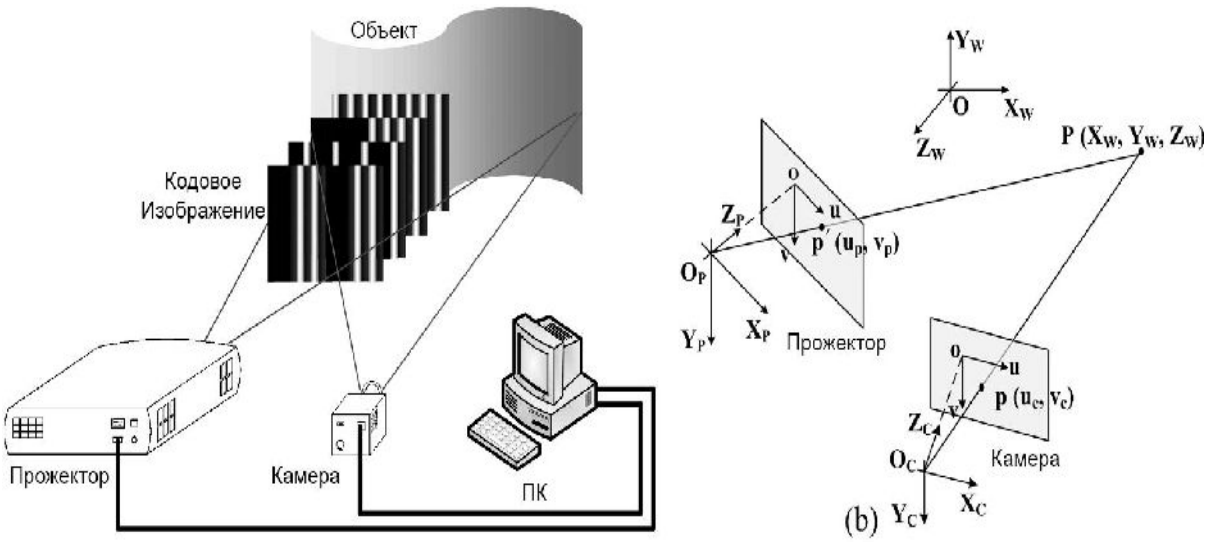


Рис.2. Принцип работы ИК-дальномера

Прожектор светит на объекты узором из множества точек, а ИК-сенсор камеры считывает узор с проекции. Так как камера находится не в той же точке, что и прожектор, видимый ей узор выглядит иначе, а значит, по разнице положений для каждой точки узора можно определить их удаленность от камеры [2]. У такого способа, впрочем, есть недостатки: к примеру, на улице в солнечный день ИК-сенсор не сможет корректно определять точечный узор из прожектора и системе придется опираться на видимое с основной камеры изображение, что снизит точность построения сцены. Также, при сильной рельефности сцены, некоторые точки узора из прожектора будут не видны для камеры, поэтому какую-то часть карты глубины устройству придется достраивать самостоятельно.

Наличие гироскопа и акселерометра позволяет улавливать резкие движения камеры лучше, а также контролировать положение и высоту планшета относительно земли, таким образом, нет проблем с определением, где в сцене находится пол.

Что является результатом, выдаваемым программным обеспечением? Во многих примерах, представленных разработчиками и тестерами, наиболее быстрый результат выглядит как множество точек (Point cloud), каждая из которых имеет свою позицию в пространстве и цвет [3] (рис.3).

Чем больше таких точек, там более детально можно разглядеть объекты сцены, и потратить больше времени на съемку, ведь программа пытается сканировать “на лету”. По облаку точек можно выстроить геометрию, но идеальных результатов ждать не стоит, однако различные программы для 3D-моделирования и композитинга вполне могут использовать эту геометрию для проекций и для построения карты глубины. Есть и вариан-

ты представления точек, например, в виде трехмерных кубов, но отрисовка огромного количества моделей будет занимать больше времени, нагружая и без того загруженный процессор.

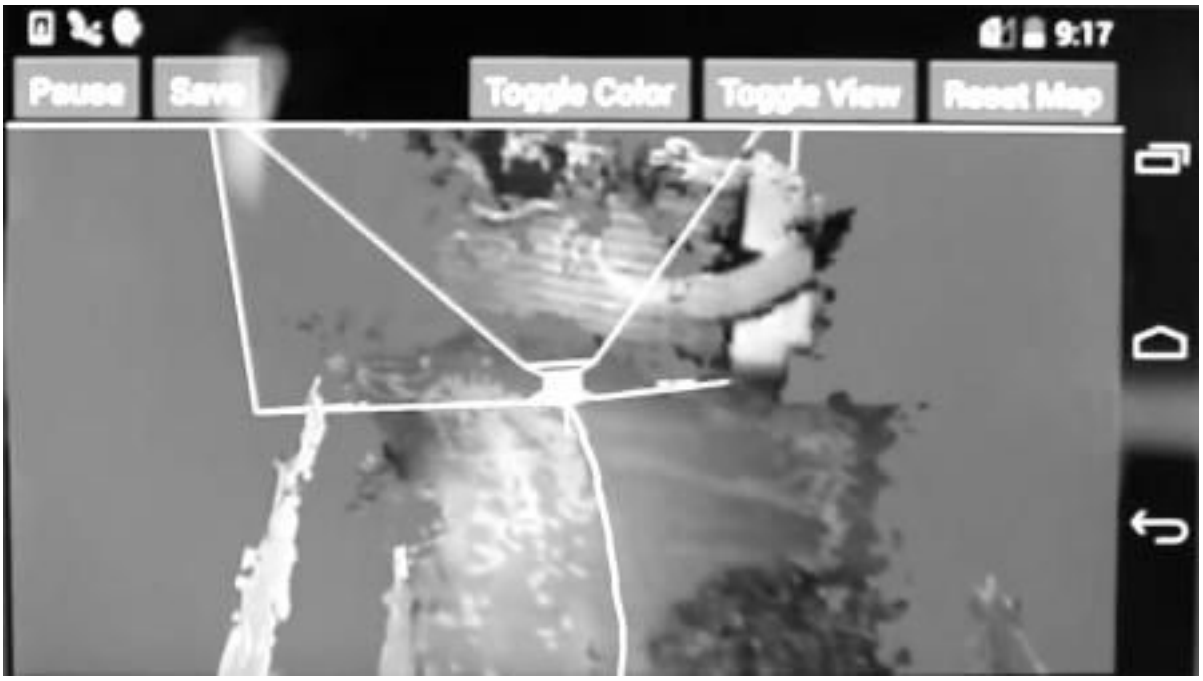


Рис.3. Пример построенного облака точек

Так как данный проект находится во владении Google, его поддержка не вызывает вопросов, аппарат даже был протестирован в условиях невесомости для возможного использования персоналом на космических станциях или роботами на других планетах. Однако, сейчас, даже через год после широкого освещения в интернете, в свободной продаже Project Tango нет, хоть и есть возможность записаться на тестирование и помощь в разработке, получая Development Kit. Впрочем, планируется, что необходимые для работы модули, такие как дальномер, можно будет купить отдельно и установить на обычной смартфон или планшет. Конечно, есть и другие методы 3D-реконструкции окружения, такие как фотограмметрия, но они обычно являются более комплексными и не помещаются в руке обычного неподготовленного пользователя.

Библиографический список

1. http://ru.ifixit.com/Teardown/Project+Tango+Teardown/23835.
2. http://opticalengineering.spiedigitallibrary.org/article.aspx?articleid=1678081.
3. http://www.google.com/atap/projecttango/.

УДК 621.396

ИССЛЕДОВАНИЕ УВЕЛИЧЕНИЯ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ РАДИОКАНАЛА МЕТОДОМ ПРИМЕНЕНИЯ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ В СОЧЕТАНИИ С КОДАМИ, КОНТРОЛИРУЮЩИМИ ОШИБКИ

Микушин А.В., Парфенова А.В. Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, Россия

В данной статье рассматриваются методы повышения помехоустойчивости радиоканала, в частности применение обратной связи и использование кодов, контролирующих ошибки.

Введение

В современных системах передачи данных для обнаружения ошибки применяются коды, контролирующие ошибки. Наилучшим способом исправления пакета ошибок до настоящего времени является применение обратного канала. Особенно это становится актуальным в современных системах радиодоступа, таких как WIMAX и LTE. В приемном устройстве происходит проверка корректности принимаемого сигнала и, в случае обнаружения ошибки, приемник посылает запрос на повторение искаженного сигнала.

Реализация системы связи с обратным каналом

Для реализации системы связи с обратным каналом требуется наличие как минимум двух передатчиков и двух приемников. На заре развития радиотехники подобное решение представлялось слишком сложным и дорогим решением. Однако в настоящее время мы все чаще имеем дело с дуплексными каналами связи, в которых часть информационных пакетов может быть выделена для создания обратного канала. Схематичное изображение применения обратного канала представлено на рис.1.

На данном рисунке приведены источник и приемник информационных пакетов. В передатчике осуществляется помехоустойчивое кодирование – добавление к исходной информации дополнительной – проверочной. При создании обратного канала помехоустойчивый код применяется не для исправления, а для обнаружения ошибок. При этом значительно увеличивается вероятность обнаружения ошибки. Для исправления ошибки по обратному каналу производится запрос повторной передачи пакета. Временная диаграмма сигналов в прямом и обратном канале при описанном

способе работы изображена на рис.2.

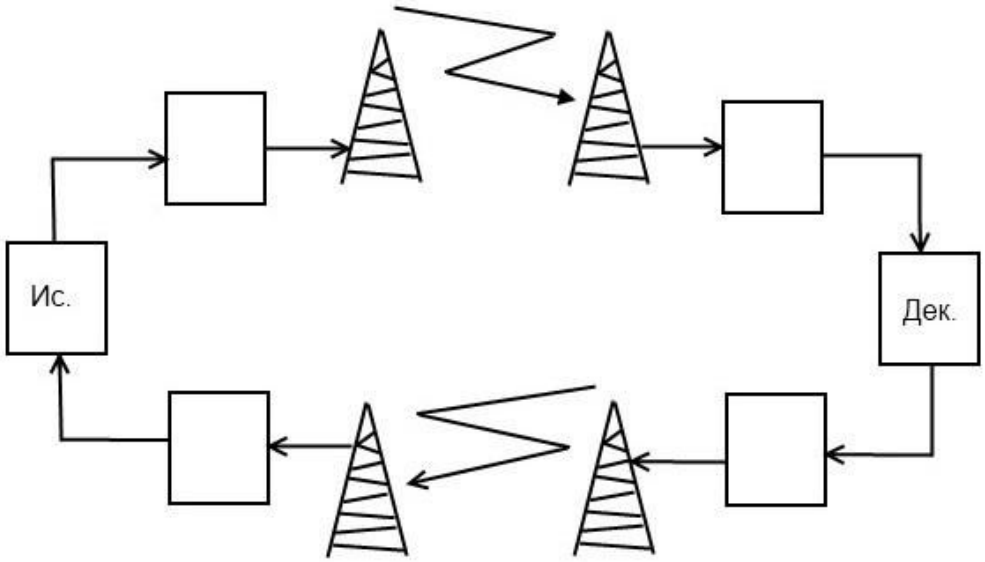


Рис.1. Применение обратного канала

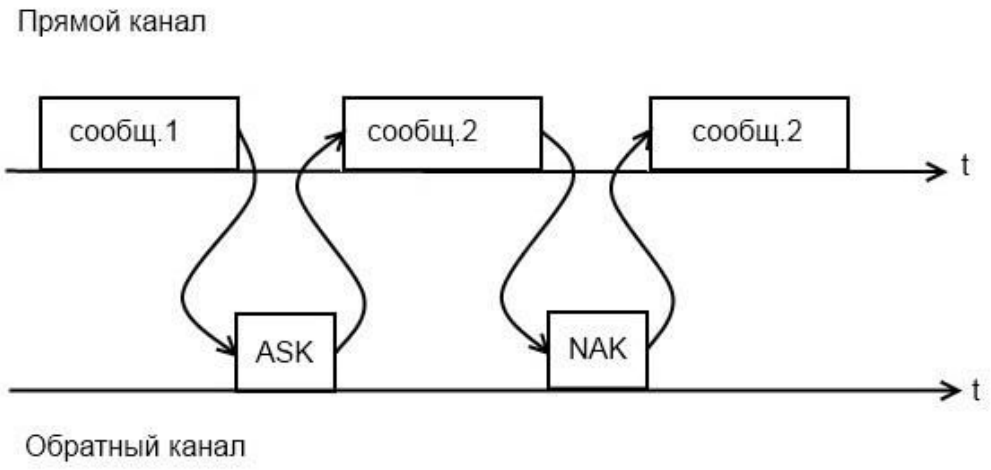


Рис. 2. Временная диаграмма сигналов в прямом и обратном канале

При обнаружении ошибки в принятом коде используется повторный запрос по обратному каналу. В более сложных системах применяется многоуровневое кодирование. При этом верхний, как правило, более сложный код, может использовать информацию об обнаружении ошибки для исправления неправильно принятого символа.

На рис.2 показаны два варианта приема сигнала. В случае успешного приема сообщения оно квитируется командой “ASK”. В случае обнаружения ошибки на передающую сторону посылается сообщение “NAK”, с требованием повторить передачу ошибочного блока.

В процессе работы были разработаны программы кодирования и декодирования наиболее распространенных блочных кодов. Данные программы были отлажены и проверены на отладочном комплекте процессора TMS320VC5510 фирмы Texas Instruments. Внешний вид этой отладочной платы, подключенной к компьютеру, приведен на рис.3.

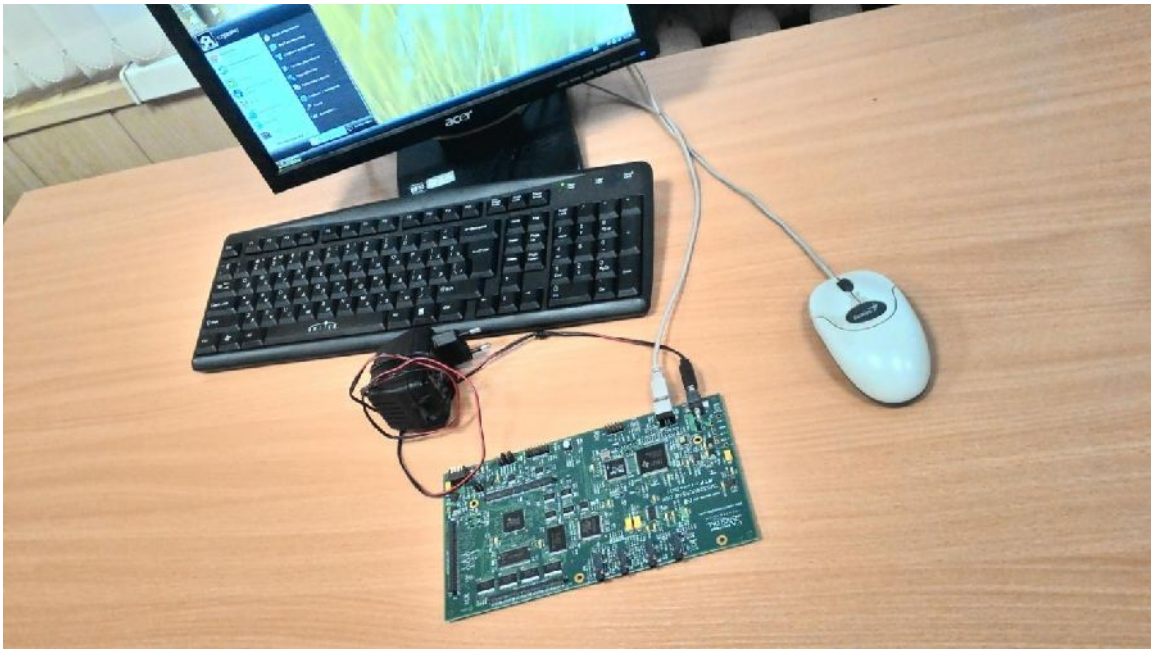


Рис.3. Отладочная плата сигнального процессора TMS320VC5510

Выводы

1. Применение обратного канала значительно снижает требования к помехоустойчивому коду.
2. Непосредственное применение обратного канала может привести к излишнему обмену информацией, поэтому при работе с обратным каналом требуется многоуровневое кодирование, при котором одиночные ошибки исправляются при помощи вложенного помехоустойчивого кода.

Библиографический список

1. Блейхут Р. Теория и практика кодов, контролирующих ошибки. Пер. с англ. М.: Мир, 1986, 576 с.
2. Микушин А.В. Язык программирования С-51. [Электронный ресурс] URL: digtech.ru/MCS51/C51/ (дата обращения: 26.03.14).
3. Кузьмин И. В. Основы теории информации и кодирования. 1986, 240 с.

УДК 629.3.066.52

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЕРСОНАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННО-НАВИГАЦИОННЫХ УСТРОЙСТВ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЗАДАЧ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Епифанов М.А., НИУ ВШЭ, Москва, Россия

Введение

Современные персональные информационно-навигационные устройства (ПИНУ), применяемые в специальных условиях, вышли, как правило, из обычных персональных планшетов. Однако они имеют высокую степень защиты от внешних воздействий, характеризуются специальными аппаратными решениями, необходимыми для работы в неблагоприятных условиях (повышенная или пониженная температура, мощные механические воздействия, яркий солнечный свет и т.д.), имеют специальное программное обеспечение, предназначенное для выполнения той или иной задачи, нехарактерной для повседневной сферы деятельности. Хотя для расширения применяемости ПИНУ в них практически всегда включаются программные продукты, которые могут использоваться в каждодневной деятельности владельца (календарь, журнал учета материальных средств, записная книжка, калькулятор и т.д.). [2]

Одной из основных функциональных частей ПИНУ является навигационно-связной модуль. Он представляет собой в общем случае связку навигационного приемника (GPS/ГЛОНАСС) и приемопередатчика пользовательской информации. Данная часть является основообразующей при создании навигационно-связной системы подразделения с целью обеспечения более слаженных действий при выполнении специальных операций, поэтому ей уделяется наибольшее внимание при проектировании, а её характеристики являются определяющими при выборе конечным потребителем. Именно эта часть является основообразующей для сетецентрической системы управления, внедряемой сегодня в службы спасения и армии по всему миру.[3]

1. Обзор персональных информационно-навигационных устройств

На сегодняшний день, одним из наиболее проработанных комплектов персональных информационно-навигационных устройств для специальных применений являются изделия разработки ОАО «МКБ «Компас».

Комплект изделий, разработанных ОАО «МКБ «Компас», представляет собой навигационно-связную систему. К элементам системы может быть подключено дополнительное оборудование: лазерный дальномер, тепловизор, видеокамера, биометрические датчики и т.д. Весь этот комплекс оборудования помогает решать большинство специальных задач.

Изделия выполнены в виде индивидуальных коммуникаторов. В зависимости от решаемых задач разработано три вида коммуникаторов: индивидуальный носимый приемоиндикатор (НПИ), защищенный командирский персональный компьютер (КППЗ), командирский персональный планшет (КПП). Изделия КПП, КППЗ и НПИ обеспечивают определение местоположения по сигналам глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС/GPS, передачу (в режиме MESH), средствами встроенного в изделия канала связи СМС сообщений, голоса, собственного местоположения другим абонентам, определение и передачу координат цели, нанесение и передачу оперативной обстановки, отображение на цифровой карте местности вышеперечисленной информации с идентификацией объектов. [5]

Рис.1. Линейка персональных информационно-навигационных устройств, разработанных ОАО «МКБ «Компас»

Основной особенностью данных устройств является система передачи данных использующая технологию организации беспроводной децен-

трализованной сети на основе приоритетов. Данный способ позволяет создавать надежные сети с достаточно высокой скоростью передачи данных, а также быстротой восстановления. Кроме того, данный способ хорошо ложится на иерархическую модель организации в специальных ведомствах, что позволяет расписать роли всех абонентов сети с учетом их рангов. [1]

2. Варианты использования ПИНУ

При проведении операции абоненты радиосети могут обмениваться сообщениями, а также местоположением, количестве ресурсов в наличии, своем состоянии здоровья, передавать фото и видео данные, голосовые сообщения. Кроме того, при использовании дополнительно оборудования возможно решение задач целеуказания. Передача данных производится автоматически в адресном или циркулярном режимах.

Рис.2. Пример схемы передачи информации о состоянии здоровья

На рис.2 схематично показан способ передачи информации на примере данных о состоянии здоровья участника операции командиру. Стоит отметить, что данная информация может передаваться как командиру, находящемуся в пределах радиовидимости, так и ретранслируясь через ПИНУ других абонентов сети. Аналогично происходит и передача информации о местоположении, специальные сообщения и т.д. Причем по решению командира информация может дублироваться его заместителю, вы-

бранным абонентам или всей группе.

С целью передачи данных на удаленный командный пункт может использоваться несколько вариантов:

- передача по открытым каналам связи (GSM);
- передача по закрытым каналам связи (ведомственные системы связи);

Способ передачи данных определяется характером выполняемой операции и степенью закрытости данных. В случае передачи по открытым каналам связи используется внешний блок сопряжения с сотовыми сетями. Для передачи по закрытым каналам может применяться различный набор радиостанций как принятых к использованию в различных ведомствах, так и перспективных, например, радиостанция «Буссоль» разработки ОАО «МКБ «Компас». В этом случае способ связи с командным пунктом определяется заданием на связь командира. Однако уровень принятых на снабжение радиостанций не позволяет создать надежную систему связи, отвечающую современным требованиям по скорости, емкости и скорости восстановления.[4] В тоже время, радиостанция «Буссоль» может зашифровать данные с помощью встроенной аппаратуры, кроме того, применение связи на основе псевдослучайной перестройки радиочастоты значительно повышает требования к аппаратуре перехвата и квалификации возможного перехватчика информации.

Схема возможной организации радиосвязи в подразделении представлена на рисунке 3.

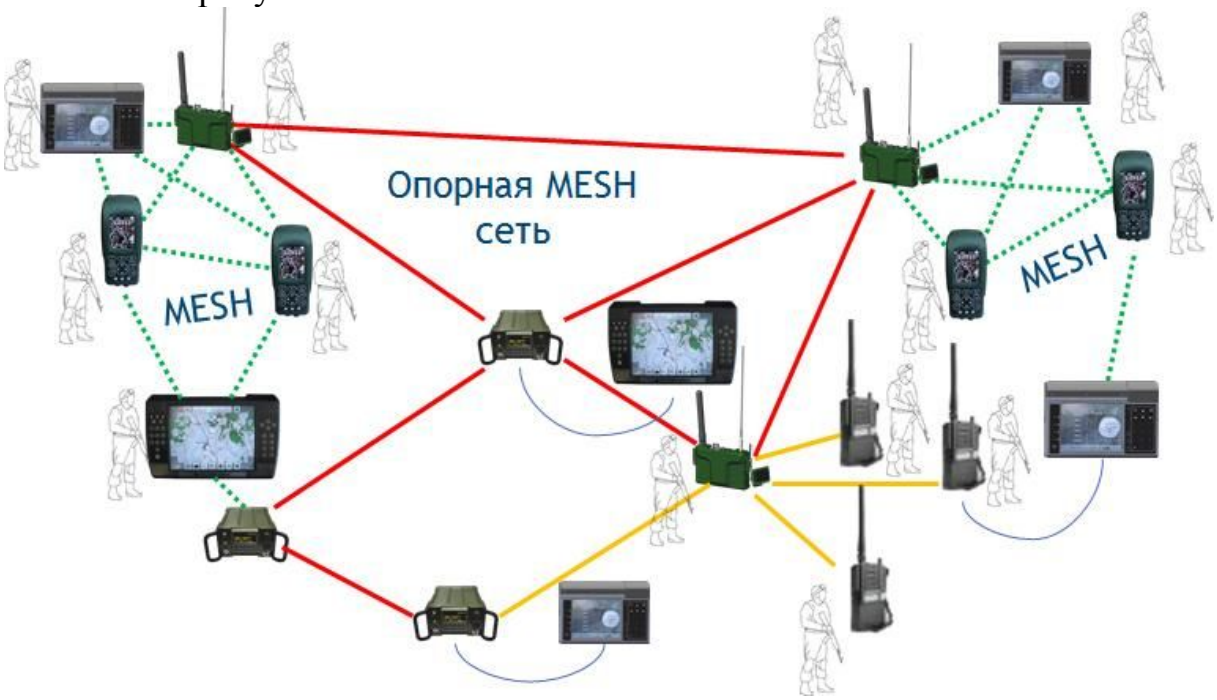


Рис.3. Пример организации радиосвязи с использованием ПИНУ и радиостанции «Буссоль»

Заключение

Применение персональных информационно-навигационных устройств существенно упрощает процесс организации специальных операций, позволяет увеличить его информативность и, как следствие, снизить риск принятия ошибочного решения командиром или отдельным членом группы. Повышается прозрачность хода операции для участника любого уровня.

Использование ПИНУ является стержнем любой сетецентрической системы управления мирового уровня. Принятие их к использованию в специальных ведомствах является первым шагом к созданию современной и технологичной системы управления в службах спасения и армии.

Библиографический список

1. Азизов Р.Ф., Аминев Д.А., Иванов И.А., Увайсов С.У. Способ организации связи на основе приоритетов для децентрализованной сети // Технологии электромагнитной совместимости. 2013. № 4. С. 5-8.

2. Епифанов М.А. Использование персональных информационно-навигационных устройств в сетецентрических системах // Ежегодная научно-техническая конференция им. Е.В.Арменского: сб. ст. М., 2015. С. 143-145.

3. Макаренко А. Введение в сетецентрические информационно-управляющие системы – 2010 г. (http://www.rdcn.ru/estimation/2010/03042010.shtml).

4. Мейчик Е.Р. Развитие системы связи ВС РФ с использованием перспективных информационных технологий (federal-book.ru/files/SVAYZ/saderzhanie/Tom%209/III/Mejchik.pdf).

5. ОАО «МКБ «Компас». Официальный сайт компании (http://mkb-kompas.ru).

УДК 621.396

ВЛИЯНИЕ ДЖИТТЕРА ЧАСТОТЫ ДИСКРЕТИЗАЦИИ НА ОТНОШЕНИЕ СИГНАЛ/ШУМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ СИГНАЛОВ

Лосев А.М., ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей»

Устройства преобразования сигналов, включающие в себя аналого-цифровые преобразователи, являются неотъемлемой частью систем циф-

ровой обработки, а вносимые ими ошибки, с учетом постоянного повышения требований к точностным характеристикам, практически неустранимы при дальнейшей обработке [1].

Важным вопросом, который необходимо решить для достижения предельных характеристик быстродействующих преобразователей сигналов, является формирование дискретизирующего сигнала высокого качества.

Генератор дискретизирующего сигнала имеет определенную нестабильность генерации выходной частоты. Эта нестабильность определяется его фазовыми шумами. Пример спектральной плотности мощности фазовых шумов генератора ГК87-ТС приведен на рис.1. Влияние фазовых шумов особенно ощутимо в больших многоканальных системах, где используются длинные соединительные кабели и имеет место влияние выходных сигналов преобразователя на формирователь частоты дискретизации.

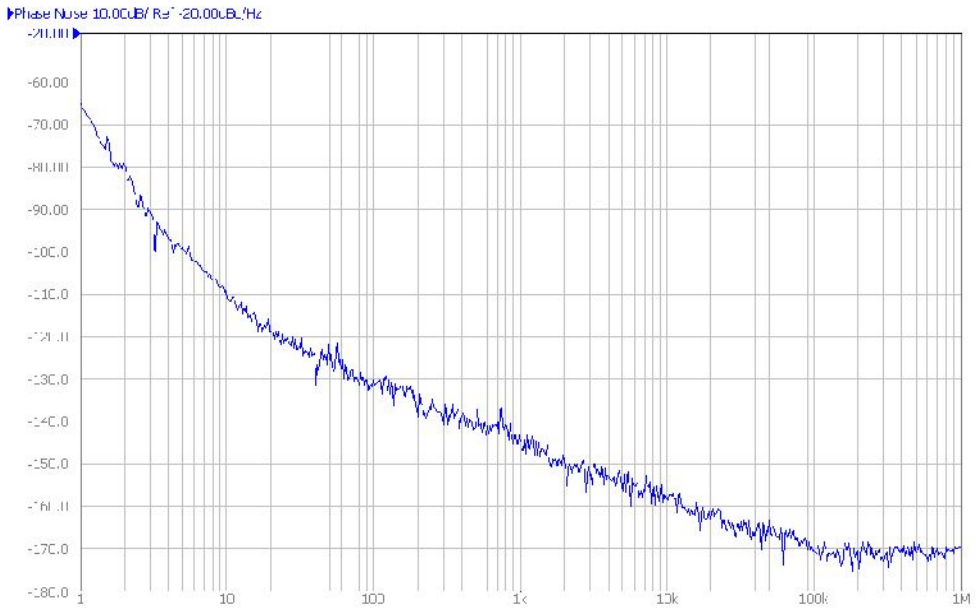


Рис.1. Спектральная плотность мощности фазовых шумов генератора ГК87-ТС

Неучет фазового шума дискретизирующего сигнала может привести к тому, что на поздней стадии разработки выявляется, что характеристики устройства могут быть ухудшены вследствие фазового шума или джиттера (jitter или фазовое дрожание) (рис.2,*а*,*б*).

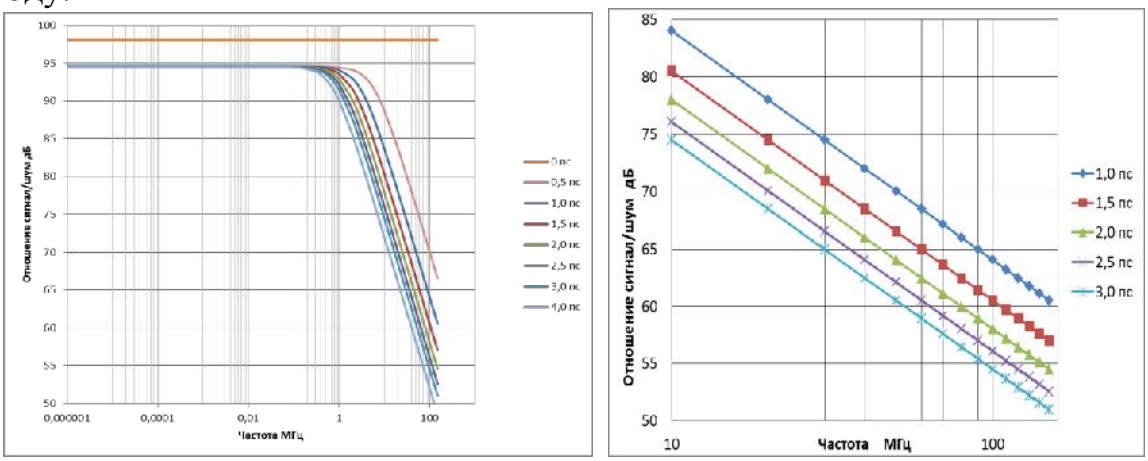
Для количественной оценки фазового шума источника используют значения девиации частоты или фазы в частотной либо временной области.

Джиттер определяется как среднеквадратическое отклонение положения во времени фронта дискретизирующего сигнала относительно ожидаемого значения [2].

Основным показателем качества преобразования сигнала является отношение сигнал/шум (или SNR – signal-to-noise ratio), вычисляемое в децибелах [3,4]:

$$SNR_{dB} = 20\log_{10}\sqrt{(2\pi f t_j)^2 + \frac{2}{3}\left(\frac{1}{2^N}\right)^2 + \left(\frac{2\sqrt{2}V_{ш}}{2^N}\right)^2}, \quad (1)$$

где f – частота сигнала; t_j – среднеквадратичная величина джиттера; ε – средняя дифференциальная нелинейность (шум квантования); N – разрядность АЦП; $V_ш$ – эффективное значение шума АЦП, приведенное ко входу.



а) б)

Рис.2. Зависимость отношения сигнал/шум от входной частоты при разных значениях джиттера: а) диапазон входных частот от 1 Гц до 100 МГц; б) диапазон входных частот от 10 МГц до 100 МГц

Из рис.2,*а*,*б* видно, что чем больше значение джиттера, тем отношение сигнал/шум меньше.

Как правило, в современных формирователях сигнала используется схема ФАПЧ. В петле ФАПЧ спектр фазовых шумов входного колебания замещается спектром шумов управляемого напряжением генератора на всех частотах, лежащих за пределами полосы пропускания петли [5].

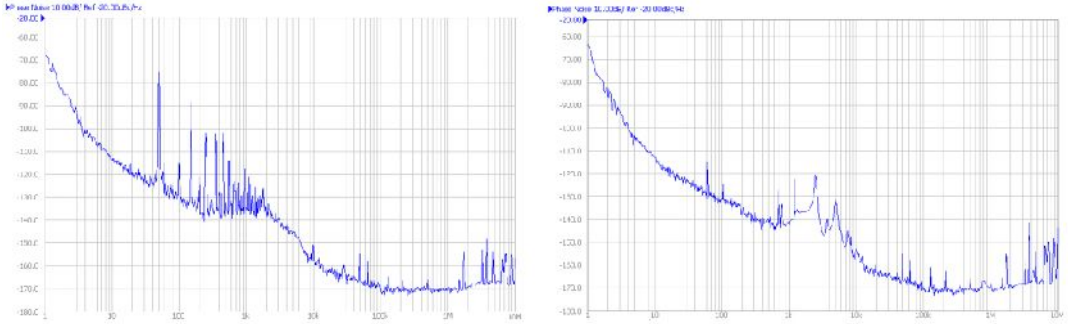
Для оценки влияния джиттера в работе было предпринято исследование генератора ГК87-ТС, входящего в схему ФАПЧ. Исследование ставило перед собой следующие задачи:

- измерение фазовых шумов генератора;
- определение основных источников джиттера;
- определение среднеквадратического значения джиттера в полосе частот от 1 кГц до 10 МГц;

- разработка мер по уменьшению влияния внешних факторов на значение джиттера.

В данной работе была произведена оценка фазовых шумов формирователя сигналов, для чего:

1. Генератор дискретизирующего сигнала был подключен к разным источникам питания, спектрограммы показаны на рис.3.



а) б)

Рис.3. Влияние источников питания на фазовые шумы формирователя сигналов: а) источник питания GPC-3030D; б) специализированный источник питания

На рис.3,*а* в диапазоне частот от 50 Гц до 1 кГц заметны дискретные спектральные составляющие, они являются гармониками частоты питания, в диапазоне частот 1 кГц до 10 кГц заметен всплеск – это “эфирные” помехи. На рис.3,*б* в диапазоне частот 1 кГц до 10 кГц заметен всплеск “эфирных” помех.

2. Проведено сравнение спектральной плотность мощности фазовых шумов генератора дискретизирующего сигнала со значениями, заявленными производителем. Результаты показаны на рис.4, жирными линиями показаны спектральная плотность мощности фазовых шумов генератора из спецификации при разном исполнении, а тонкой линией – измеренные.

Из полученных данных можно сделать следующие выводы:

- заметное влияние оказывают внешние, “эфирные” помехи;

- слепо ориентироваться на спецификацию производителя нельзя, так как схема включения генератора может существенно искажать фазовые шумы;

- необходимо использование специализированных источников питания с дополнительными цепями фильтрации, так как гармоники частоты питания оказываю влияние на результат измерения;

- каждый из экземпляров генератора, управляемого напряжением, индивидуален, параметры генераторов могут существенно различаться;

- полученное значение среднеквадратического джиттера для генера-

тора ГК87-ТС составляет 970 фс при отстройке от 1 Гц до 10 МГц.

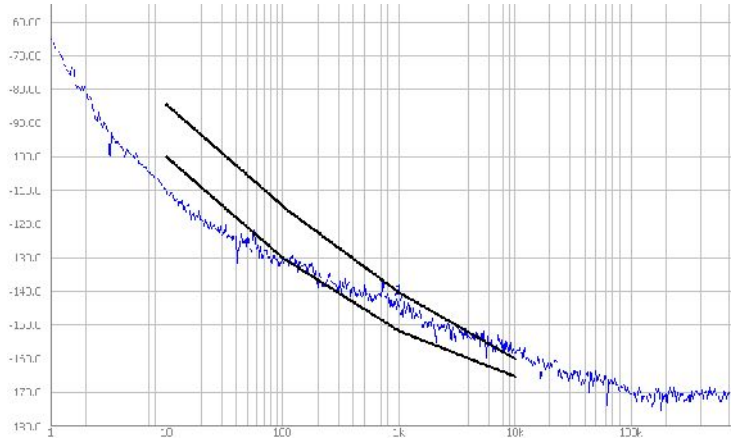


Рис.4. Сравнение спектральной плотности мощности фазовых шумов генератора со значениями по спецификации

На рис.5 представлены фазовые шумы формирователя дискретизирующего сигнала со схемой ФАПЧ и схемой распределения дифференциальных сигналов (технология PECL) для многоканальной системы, измеренные непосредственно на входе у преобразователя сигналов в лабораторных условиях.

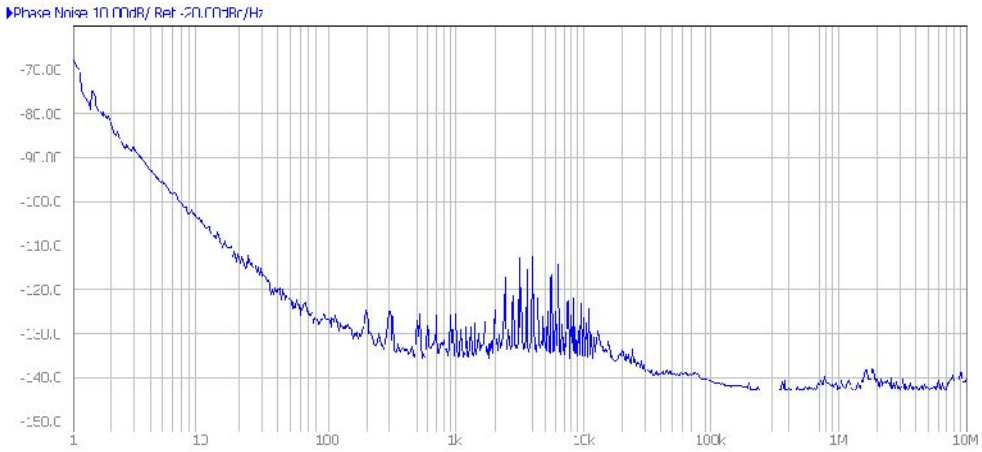


Рис.5. Спектральная плотность фазовых шумов формирователя частоты дискретизации.

Из рисунка видно, что в диапазоне частот от 100 Гц до 1 кГц заметны спектральные составляющие частоты питания, в диапазоне частот 1 кГц до 10 кГц заметен всплеск – это “эфирные” помехи, в диапазоне от 1 кГц нет спада уровней спектральных составляющих, как у генератора ГК87-ТС, так как схема распределения вносит дополнительный джиттер. Измеренное значение среднеквадратического джиттера при отстройке от 1Гц до 10 МГц составляет 1,5 пс, в основном он зависит от внешних помех. Отношение сигнал/шум при этом значении джиттера для входного сигнала в диа-

пазоне от 50 МГц до 70 МГц будет составлять не менее 63,5 дБ.

Заключение

Важным фактором, ухудшающим отношение сигнал/шум преобразователя сигналов, является джиттер частоты дискретизации.

Опыт разработки устройств преобразования сигналов показывает, что уменьшение джиттера можно обеспечить различными путями, в том числе улучшением качества источника сигнала и соответствующим выбором компоновки системы.

Чтобы минимизировать джиттер, необходима правильная разводка платы с соответствующим разделением функциональных частей схем. Очень важно правильно разделять аналоговую и цифровую части схемы. Этот подход должен касаться всех слоев платы. Важно избегать перекрытия или пересечения аналоговых и цифровых цепей.

Влияние джиттера также можно уменьшить, если передавать дискретизирующий сигнал как дифференциальный (применяя технологию ECL: чем выше скорость нарастания фронтов дискретизирующего сигнала, тем менее чувствителен тракт формирователя частоты дискретизации к шуму и помехам). Цепи формирователя частоты дискретизации должны быть тщательно защищены от шумных цифровых цепей, в том числе и от выхода аналого-цифрового преобразователя, быть заземлены и развязаны на аналоговой заземляющей поверхности точно так же, как и тракт преобразователя. В цепях формирователя частоты дискретизации рекомендуется использовать минимально необходимое число качественных компонентов, так как каждый компонент будет вносить дополнительный джиттер.

Библиографический список

1. Зайцев Г.В. Влияние джиттера тактовой частоты на характеристики аналого-цифровых и цифро-аналоговых преобразователей. // Цифровая обработка сигналов, 2010, №1.

2. Brad Brannon, Allen Barlow. Aperture Uncertainty and ADC System Performance. Analog Devices. Application note AN-501, 2006.

3. Rob Reeder, Wayne Green, and Robert Shillito. Analog-to-Digital Converter Clock Optimization: A Test Engineering Perspective. // Analog Dialogue, vol. 42, February 2008.

4. Brad Brannon. Sampled Systems and the Effects of Clock Phase Noise and Jitter. Analog Devices. Application note AN-756, 2004.

5. Манассевич В. Синтезаторы частот (Теория и проектирование): Пер. с англ./ Под ред. А.С. Галина. М.: Связь, 1979. – 384 с. ил.

УДК 519.6

РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА ФРАКТАЛЬНОГО СЖАТИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

Солюс Д.М., МАИ, Москва, Россия

Введение

Совершенствование средств дистанционного зондирования земли, точности распознавания изображений приводит к увеличению объема информации, поступающей в радиоканал. В связи с тем, что время ограничения зависит от зоны радиовидимости КА, для случая, не использующего ретранслятор, требуется обеспечить сжатие бортовыми средствами.

1.Краткое описание алгоритмов сжатия изображений

Рассмотрим некоторые алгоритмы сжатия с потерями, применяемые к изображениям, принадлежащим к классу фотографий полноцветных или в градациях серого.

1.1.JPEG (Joint Photographic Experts Group)

Алгоритм оперирует блоками 8x8 пикселов, применяя к ним дискретное косинусное преобразование. Вследствие того, что на таких областях яркость и цвет меняются сравнительно плавно, при разложении матрицы такой области в двойной ряд по косинусам значимыми оказываются только первые коэффициенты. При более грубой аппроксимации коэффициентов увеличивается степень сжатия, при этом, благодаря несовершенству человеческого зрения, потеря качества может быть практически незаметна. При работе с полноцветными изображениями используется цветовое пространство YCbCr. За счет того, что цветовые составляющие являются менее важными, к этим каналам можно применять более высокую степень сжатия. Для получения исходного изображения применяется обратное преобразование.

Коэффициенты компрессии: 2-200, задается пользователем.

Симметричность: 1 [1].

Характерные особенности: на границах резких переходов появляется ореол, связанный с явлением Гиббса, при высокой степени сжатия изображение распадается на блоки 8x8 пикселов.

1.2.Алгоритм фрактального сжатия

Изображение представляется в более компактной форме в виде коэффициентов системы итерируемых функций (СИФ). Строго говоря, СИФ в данном случае представляет собой набор трехмерных аффинных преобразований (координаты x,y и яркость), переводящих одно изображение в другое. При сжатии изображение делится на неперекрывающиеся области, называемые регионами. Для каждого региона находится область большего размера, называемая доменом, максимально подобная региону. При сравнении областей используются аффинные преобразования. Коэффициентами СИФ для каждого региона являются координаты соответствующего домена, а также параметры аффинного преобразования, при которых было достигнуто максимальное подобие. Увеличение размера региона уменьшает размер сжатого изображения, но приводит к ухудшению качества. Для восстановления исходного изображения полученная СИФ применяется к любому начальному изображению. После некоторого количества итераций восстанавливаемое изображение приближается к неподвижной точке (аттрактору). Задача поиска самоподобных областей имеет высокую вычислительную сложность, поэтому время, затрачиваемое на получение сжатого изображения, значительно превышает время, затрачиваемое на восстановление исходного.

Коэффициенты компрессии: 2-2000, задается пользователем.

Симметричность: 100-100000 [1].

Характерные особенности: может свободно масштабировать изображение при восстановлении, увеличивая его в 2-4 раза без появления «лестничного эффекта». При увеличении степени компрессии появляется «блочный» эффект на границах блоков в изображении. Желательно, чтобы области большей значимости (для восприятия) были более контрастными и резкими, а области меньшей значимости — неконтрастными и размытыми.

1.3.Алгоритм волнового сжатия (wavelet)

Алгоритм напрямую исходит из идеи использования когерентности областей. Идея заключается в том, что каждую пару пикселов можно представить в виде их полусуммы и полуразности. При этом значения полуразности будут достаточно близки к нулю. Операция повторяется рекурсивно, используя полученное из полусумм изображение. Далее полученные коэффициенты округляются до целых и сжимаются, например, с помощью алгоритма Хаффмана с фиксированными таблицами. При сжатии двумерных изображений находится разность пикселов по вертикали, горизонтали и диагонали.

Коэффициенты компрессии: 5-100, задается пользователем.

Симметричность: ~1.5 [1].

Характерные особенности: при высокой степени сжатия на резких границах, особенно проходящих по диагонали, проявляется «лестничный эффект» — ступеньки разной яркости размером в несколько пикселов.

2.Реализация алгоритма фрактального сжатия

Для дальнейшего рассмотрения был выбран алгоритм фрактального сжатия, так как с его помощью можно достигать наивысшей из рассмотренных степени сжатия изображений, обладающих большим количеством самоподобных областей.

2.1.Теория в основе алгоритма фрактального сжатия

Фрактал (лат. fractus – дроблёный, сломанный, разбитый) – математическое множество, обладающее свойством самоподобия, то есть однородности в различных шкалах измерения.

Метрика – функция, заданная на пространстве, возвращающая расстояние между двумя точками этого пространства. Если на пространстве задана метрика, оно называется метрическим.

Сжимающее отображение – функция на метрическом пространстве, равномерно уменьшающая расстояние между двумя точками пространства.

Неподвижная точка – точка, которую заданное сжимающее отображение приводит в нее же. Для каждого сжимающего отображения существует только одна неподвижная точка.

Несколько аффинных сжимающих отображений образуют СИФ. Если функции, входящие в СИФ, сжимающие, то сама СИФ тоже имеет неподвижную «точку» – множество точек, изображение, называемое аттрактором.

Наглядным примером можно считать Фотокопировальную Машину, описанную Майлом Барнсли. Эта Машина состоит из системы линз, проецирующих изображение с одного экрана на другой, применяя афинные преобразования. Каждая следующая итерация берет полученное изображение в качестве исходного. После некоторого числа итераций получится изображение, не изменяющееся в результате следующей итерации и не зависящее от исходного изображения, а зависящего только от конфигурации линз, т.е. являться аттрактором этой СИФ.

2.2. Реализация алгоритма получения сжатого изображения

При реализации к алгоритму применены следующие ограничения: регионы имеют фиксированный размер; размер исходного изображения

уменьшается до достижения кратности размера региона; регионы и домены имеют только форму квадрата; площадь домена больше площади региона 4 раза; используется только 8 видов преобразований; яркость пикселов изменяется константой величиной. Преимущества такого подхода – предсказуемый размер требуемой памяти, сравнительно высокая скорость работы и простота реализации, недостаток – потеря качества, связанная с ограничениями при поиске самоподобных областей.

При сжатии методом перебора происходит нахождение для каждого региона пары домен-преобразование, максимально подобной региону. Так как процедуры сравнения региона и домена является независимыми, можно значительно ускорить этот процесс, распараллелив вычисления. Процесс сжатия можно условно разделить на три части – подготовка данных, перебор и сохранение результата.

Так как перебор является наиболее затратной операцией, на первом этапе выполняются предварительные вычисления, уменьшающие сложность процедуры сравнения. Так, для исходного изображения строится «доменное», уменьшенное в 4 раза и скорректированное по яркости. Из исходного изображения выделяются регионы, для которых рассчитывается средняя яркость, после чего она вычитается из каждого пиксела. Аналогично происходит с доменами в «доменном» изображении. Так как в большинстве случаев количество регионов меньше количества доменов, каждый регион представляется в виде 8 версий, каждая с соответствующим аффинным преобразованием.

На этапе перебора для каждого региона сравниваются его 8 версий с каждым доменом. Операция сравнения сводится к нахождению квадрата суммы разности пикселов. Для каждого региона строится массив результатов параллельного выполнения, заполненный значениями разности региона и домена, а также номером преобразования, после чего в этом массиве находится наименьшее значение разности. Коэффициентами СИФ для данного региона являются: номер соответствующего домена, номер преобразования и разность средних яркостей региона и домена.

Помимо набора коэффициентов СИФ, сжатое изображение также содержит: размер региона (для сохранения масштаба при восстановлении), количество регионов по осям и шаг домена. При этом, можно уменьшить размер этих значений в памяти благодаря следующему: количество бит для сохранения номера домена вычисляется на основе максимального номера; для хранения номера преобразования достаточно 3 бит; значение разности можно хранить в формате с пониженной точностью.

Для оценки работы алгоритма была разработана программа, использующая технологию DirectCompute для выполнения параллельных вычислений с использованием графического ускорителя. Исходное изображение:

512x512 пикселов в градациях серого (263222 байта в формате BMP). Сжатое изображение при размере региона 8 пикселов: 21011 байт. Примерное время сжатия с использованием NVidia Quadro 2000: 6 секунд.

2.3.Реализация алгоритма получения исходного изображения

В качестве исходного изображения используется квадрат серого цвета. После каждой итерации восстановления находится сумма квадратов разности пикселей исходного и восстановленного изображений. При достижении указанного порога алгоритм считает, что аттрактор получен, и процесс восстановления заканчивается. На рис.2.3.1 показан результат работы алгоритма: оригинальное изображение, результат итераций 1, 2, 4, 9 и восстановленное после 15-й итерации изображение.

Рис.2.3.1

Заключение

Предлагаемая реализация алгоритма обеспечивает разумный компромисс между скоростью работы и качеством сжатия.

Библиографический список

1. Ватолин Д., Ратушняк А., Смирнов М., Юкин В. Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и видео. М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2003. 384 с.

2. Р. Гонсалес, Р. Вудс. Цифровая обработка изображений. М.: Техносфера, 2012. 1104 с.

3. С. Уэлстид. Фракталы и вейвлеты для сжатия изображений в действии. Учебное пособ. М.: Издательство Триумф, 2003. 320 с.

УДК 621.396

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОТНОШЕНИЯ СИГНАЛ/ШУМ В КАНАЛЕ СВЯЗИ НА КОЭФФИЦИЕНТ ОШИБОК ПРИ ПЕРЕДАЧЕ FFSK СИГНАЛА

Устименко Е.А., Широков И.Б.,
Севастопольский государственный университет,
г. Севастополь, Россия

Для оценки качества сигнала используют такой параметр цифровой передачи как отношение сигнал/шум (С/Ш). Если речь идет об аналоговых сигналах, то подразумевается отношение средних мощностей сигнала S и шума N. В случае цифровых систем связи рассматривается отношение энергии бита E_b к спектральной плотности мощности шума N_0.

Эти два отношения связаны между собой следующим образом [1]:

$$\frac{E_b}{N_0} \frac{S}{N} \frac{W}{R},$$

где R — скорость передачи битов, W — ширина полосы.

Учитывая, что $\frac{1}{R} T_0$, где T_0 — время передачи одного бита, выражение принимает вид:

$$\frac{E_b}{N_0} \frac{S}{N} W T_0.$$

Величина $W T_0$ (произведение ширины спектра на длительность элементарного символа) называется базой сигнала. Применительно к данному случаю, эта величина выступает коэффициентом между отношениями энергий и мощностей сигнала и шума.

Важным параметром оценки качества цифровых систем передачи является коэффициент битовых ошибок (Bit Error Rate, BER). Вероятность появления ошибочного бита P_{ERR} определяется как отношение количества ошибочно принятых битов к общему числу переданных битов и напрямую связана с отношением сигнал/помеха. Чем меньше это отношение, тем эффективнее работа системы при заданной вероятности ошибки.

$$P_{ERR} \quad 1 \quad (h_0),$$

где (h_0) — интеграл вероятности, h_0 — отношение С/Ш.

В работе ставиться задача экспериментального исследования влияния качественных показателей канала связи на достоверность передаваемой модемом цифровой информации и подтверждения упомянутых выше теоретических предпосылок.

Структурная схема макета показана на рис.1.

Генератор сигналов (ГДП) формирует детерминированную последовательность данных, которая подается на вход передатчика модема (ПРД). Симулятор (СИМ) осуществляет аддитивное смешивание сигналов, поступающих на него с передатчика и с генератора белого шума (ГБШ), а также ограничивает сверху спектр передаваемого сообщения. Осциллограф (ОСЦ) фиксирует форму сигнала на входе и выходе передатчика. Вольтметр (В) предназначен для измерения уровня сигнала на входе и выходе симулятора, а также для определения величины шумов генератора белого шума.

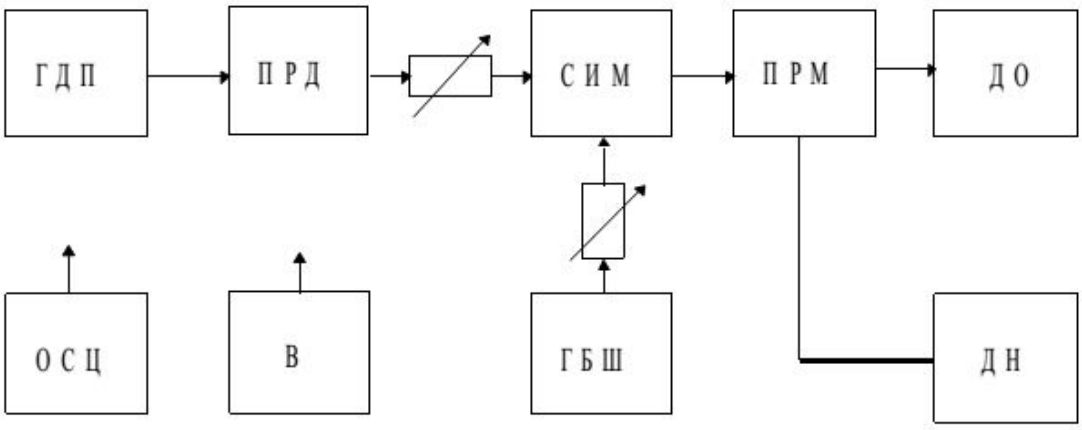


Рис.1. Структурная схема макета

Смесь С/Ш с выхода симулятора поступает на вход приемника модема (ПРМ). С выхода приемника тактированные данные поступают на детектор ошибок (ДО), по показаниям которого оценивают качество работы модема. Отдельно с помощью детектора несущей (ДН) оценивается достоверность отображаемой детектором ошибок информации.

При передаче цифровой информации по каналу связи будем использовать модуляцию частотным сдвигом. Модулирующим сигналом является цифровой сигнал, представляющий собой двоичную последовательность нулей и единиц и приводящий к появлению на выходе модема частотно-манипулированного сигнала. Частный случай — быстрая частотная манипуляция, Fast Frequency Shift Keying (FFSK), для которой характерно ми-

нимальное изменение частоты манипуляции и равенство индекса модуляции 0,5. Характерным представителем подобных модемов является микросхема FX469 фирмы CML Ltd [2].

Экспериментально проведено исследование влияния отношения С/Ш на коэффициент ошибки при заданном уровне сигнала передатчика 200 мВ для скорости передачи данных 2400 бод. Для этой скорости частоты манипуляции составят 2400 Гц и 1200 Гц. Количество тестируемых бит составляет 10 тысяч. С изменением уровня шума от 0,1 В до 0,5 В (от пика до пика) на индикаторе наблюдалось изменение числа ошибочно принятых бит. Оценить действующее напряжение шума, в силу его псевдослучайного характера — задача нетривиальная и требует для ее решения специализированных измерительных приборов. Понятно, что действующее напряжение шума будет меньше измеренного от пика до пика.

Согласно полученным данным, на рис.2 показаны теоретический и экспериментальный графики зависимости вероятности ошибки от отношения С/Ш, построенные при помощи программы Advanced Grapher.

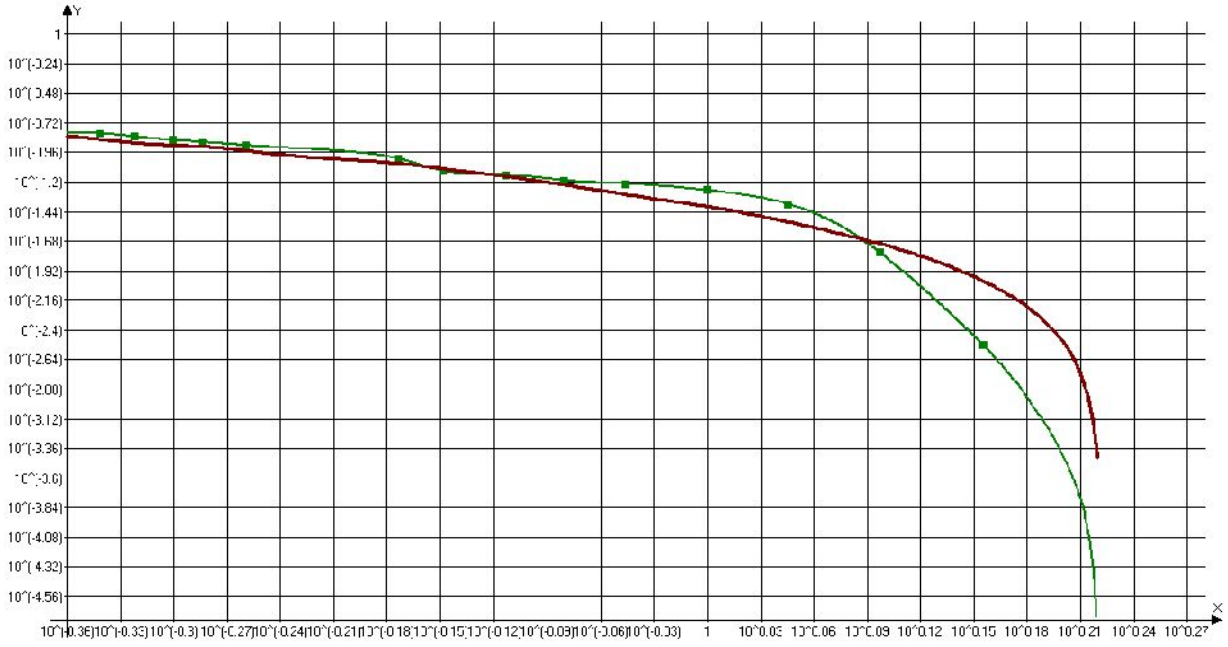


Рис.2. Экспериментальный и теоретический графики зависимости вероятности ошибки от отношения С/Ш

Исходя из графиков, можно сделать вывод: при передаче FFSK сигнала по цифровому каналу связи вероятность ошибочно принятых битов уменьшается при увеличении значения отношения сигнал/шум. Экспериментальные данные близки к теоретическим, что подтверждает правильность изложенных выше теоретических утверждений.

Библиографический список

1. ТЕЛЕСПУТНИК журнал о цифровом телевидении [Электронный ресурс] URL: http://www.telesputnik.ru.
2. DATASHEETLIB the ultimate datasheet library [Электронный ресурс] URL: http://www.datasheetlib.com/datasheet/725798/fx469_cml-consumer-microcircuits-limited.html.

УДК 621.391.1;621.395

ОСОБЕННОСТИ MAC-УРОВНЯ В КОГНИТИВНЫХ СЕТЯХ СВЯЗИ

Зуев А.В.,
Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, Россия

1. Введение

Применение мультимедийных приложений в современных беспроводных сетях связи стало причиной резкого увеличения трафика при ограниченных ресурсах радиочастотного спектра. Внедрение технологии радиосвязи на базе Software Defined Radio (SDR) с использованием механизмов когнитивного управления представляет собой один из подходов обеспечивающих более эффективное использование радиочастотного спектра [1]. Пользователь может выбирать ту или иную радиосеть для получения требуемой услуги связи, используя мультистандартный терминал с несколькими программно-управляемыми радиоинтерфейсами. Возникает актуальная задача выбора наилучшей сети для подключения на сетевом уровне и исполнения этого решения на уровне звена данных – Media Access Control, MAC–уровень.

2.Особенности когнитивных систем радиосвязи

Согласно Отчету МСЭ-R SM.2152 (сентябрь 2009 г.), когнитивная система радиосвязи КСР (cognitive radio systems, CRS) – технология, которая позволяет динамически и автономно корректировать операционные параметры и протоколы согласно заданным данным или параметрам, чтобы достигнуть предопределенных целей; технология, которая позволяет производить анализ состояния с дальнейшим применением полученных результатов.

Когнитивное радио идентифицирует временно свободные части радиочастотного спектра и временно занимает эти так называемые «белые пятна» («white spots») для приема и передачи информации, не создавая помех другим средствам в выбранном диапазоне [2]. Рабочая группа 1B МСЭ-R определила, что КСР не относится к службам радиосвязи и, следовательно, для КСР не выделяются полосы радиочастот. В настоящее время ведутся работы по нескольким стандартам КСР IEEE 802.11af, IEEE 802.16h, IEEE 802.22. –2009.

Система когнитивного радио реализует когнитивный цикл на уровне технической системы и может приспосабливать характеристики SDR к радиосреде благодаря следующим когнитивным свойствам:

способность сбора и предоставления информации SDR о параметрах окружающей радиосреды для выработки определенного решения;

свойство распознавания SDR как процесса, который позволяет принять соответствующие решения, основанного на изучении и идентификации поступивших сведений, которые предоставляются с помощью когнитивного канала управления – пилот–канала (pilot-channel) или запрашиваются из централизованной базы данных защищаемых РЭС;

способность автоматической реконфигурации аппаратно–программной части, в том числе автономной конфигурации или самоконфигурации, что обеспечивается за счет использования технологии программируемого радио SDR (software defined radio) [3].

3. Задача оптимального использования SDR канального ресурса

Права на использование ресурса радиочастотного спектра предполагают полное использование выделенных радиочастот, но существует часть спектра, которая часто остается не использованной на постоянной или временной основе. Существующая модель управления спектром не может сделать временно неиспользуемый спектр доступным, поэтому совместно с SDR требуется использование технологии динамического доступа к спектру, DSA (dymamic spectrum access) и соответствующий режим управления спектром [4].

Парадигма DSA в когнитивных сетях следующая: осуществляется добавление нового сигнала в том же самом спектре и в то же самое время, когда действует первичный (первоначальный) сигнал РЭС. Главное условие состоит в том, что вторичный (дополнительный) сигнал не должен быть помехой первичному сигналу [5].

В Российской Федерации результаты исследования по когнитивному радио были зафиксированы в 2012 г. решением ГКРЧ №12–14–08 и исследовательский период продлен до 2015 года.

Выбор наилучшего подключения (best connected) к одной из радиосетей может проводиться как со стороны пользователя устройства SDR, так и со стороны оператора связи. При этом со стороны оператора осуществляется управление запросами пользователей SDR на предоставление услуг. Пусть в качестве цели управления оператор связи стремится получить максимальный доход с учетом ограничений пропускной способности узла доступа в сеть. Исходными данными здесь являются интенсивность запросов услуги, целевой коэффициент загруженности узла доступа, «вес» т.е. значимость каждого типа услуги (сервиса). В результате решения оптимизационной задачи определяются ограничивающие коэффициенты для каждого типа услуги, которые передаются на терминальное оборудование SDR. Здесь важно учитывать коэффициент загруженности узла доступа, интенсивность запросов услуги, «вес» т.е. значимость каждого типа услуги (сервиса). Решения задачи оптимизации обусловлено ограничивающими коэффициентами для каждого типа услуги пользователя. Пусть эти коэффициенты доступны SDR. Учтем, что поиск оптимального решения по подключению к сети учитывает значимость или «вес» сервиса j на узле доступа x, который определяется по формуле 1:

$$c_{x,j}(t) = \frac{D_j \times v_{x,j}}{\sum_{j=1}^{J} D_j \times v_{x,j}}, \quad (1)$$

где D_j – стоимость тарифной единицы услуги j в момент времени t; $v_{x,j}$ – количество тарифных единиц (минут, килобит), определяющие объём предоставленного сервиса j на узле доступа x в момент времени t.

В целом задача оптимизации в рамках стратегии выбора сети «за оператора связи» может быть выражена следующим общим выражением:

$$\max_{p^r_{\text{УД},1,1},\ldots,p^r_{\text{УД},K,J}} \sum_{k=1}^{K} \sum_{j=1}^{J} D_j \times \lambda^*_{k,j}(t) \times p^Y_{\text{УД},k,j}(t), \quad (2)$$

где $\lambda^*_{k,j}(t)$ – оценочная интенсивность запросов на предоставление услуги j, поступивших от k-го пользователя (k-й группы пользователей) в момент времени t; $p^r_{\text{УД},k,j}$ – значение ограничивающего коэффициента узла доступа (УД) для сервиса j, который требуется предоставить k-му пользователю (k-й группе пользователей), с возможностью регулярного обновления значения $p^r_{\text{УД},K,J}$ через промежуток времени r.

Следует отметить, что протоколы MAC–уровня можно использовать для решения задачи распознавания частично или временного свободного РЧС. MAC–уровень помогает сетевому уровню определить оптимальное направление/маршрут передачи, сообщая требуемую служебную информацию и список доступных каналов. В тоже время сетевой уровень КР может передать на MAC–уровень сведения о том, какой канал подходит по каче-

ству обслуживания QoS (quality of service) для организации сеанса связи.

С учетом сказанного, MAC–уровень КСР должен поддерживать следующие основные функции:

- контроль и предотвращение вмешательств в работу РЭС первичных пользователей радиоспектра;
- предотвращение коллизий доступа к каналу для вторичных пользователей радиочастотного спектра;
- практическая реализация процедуры выбора и занятия наилучшего из доступных, временно свободных, радиоканалов [6].

Протоколы MAC уровня могут применяться в централизованной или распределенной архитектуре сетей КСР.

В централизованной архитектуре есть главное устройство, например, базовая станция BS (Base Station) или точка доступа AS (Access Station), которые координируют доступ к РЧС для вторичного пользователя. В распределенных протоколах MAC такое деление отсутствует и каждое РЭС в определенный момент времени может выполнять как функции BS, так и функции AS.

В части использования канального ресурса протоколы MAC могут быть классифицированы как протоколы MAC для совместного использования РЧС и протоколы для несовместного использования РЧС. В протоколах совместного использования вторичные пользователи работают сообща, чтобы максимизировать использование сети. В режиме несовместного/некооперативного пользования каждый вторичный пользователь работает независимо от других, пытаясь улучшить лишь свою производительность [7].

В КСР можно выделить два способа взаимодействия вторичного и первичного пользователей РЧС. Первый способ заключается в том, что вторичный пользователь может использовать РЧС только тогда, когда он не занят первичным пользователем. Другой способ, относящийся к неосновным, состоит в том, что вторичный и первичный пользователь могут совместно использовать тот же самый РЧС, но вторичный пользователь ограничен в своих возможностях.

По режиму доступа к РЧС в когнитивных сетях выделяют две категории с передачей подтверждения:

- в режиме без подтверждения вторичный пользователь получает доступ к спектру согласно времени простоя/отсутствия использования данной части радиоспектра;
- режим с подтверждением предполагает, что вторичные пользователи борются за возможность передачи по каналу, например, как в случае с множественным доступом с контролем несущей/с предотвращением коллизий CSMA/CA [8].

4.Выводы

Наиболее привлекательной особенностью когнитивных радиосетей является возможность переключать доступ между различным частями радиоспектра, используя временно свободные частоты. Динамический доступ к спектру – одна из главных возможностей когнитивных сетей, которые так же должны приспосабливаться к изменению качества канала, к скоплению большого количества абонентов в сети и к требуемому уровню сервисного обслуживания. Так же рассмотрена постановка задачи оптимизации как выбор наилучшего подключения (best connected) к одной из доступных сетей КСР. В дальнейшем предполагается применить постановку задачи оптимизации к принятию решения на MAC-уровне.

Библиографический список

1. Tuttlebee H.W. Software defined radio [Текст] // H.W. Tuttlebee – USA: John Wiley & Sons, Ltd., 2002 – 402 pages.

2. Zhang Y. Cognitive radio networks: architectures, protocols, and standards [Текст]// Edited by Zhang Yan, Zheng Jun, Hsiao-Hwa Chen. – UK.: CRC Press, 2010 – 525 pages.

3. Palicot J. Radio engineering. From software to cognitive radio [Текст] // J. Palicot. –USA.: John Wiley & Sons, Ltd., 2011. – 360 pages.

4. Burns P. Software Defined Radio for 3G [Текст]//Burns Paul. – London: Artech House Inc., 2003 – 478 pages.

5. Гребешков А.Ю. Принятие решения по предоставлению услуги с помощью многофункционального абонентского терминала SDR в когнитивных сетях связи [Текст]// T-Comm. Телекоммуникации и транспорт. – 2011. – №7– С. 63–66.

6. Incel O.D. MC-LMAC: a multi–channel MAC protocol for wireless sensor networks [Текст]: technical report of TR-CTIT-08-61//O.D. Incel, P.Jansen. – Netherlands: Mullender centre for telematics and information technology University of Twente. – 2008. – PP. 1381–3625.

7. Гребешков А.Ю, Стандарты и возможности применения когнитивного радио[Текст]/ А.Ю. Гребешков, А.В. Зуев А//XXI Российск. научн. конф. проф.-преп. состава, научн. сотрудников и аспирантов ПГУТИ; тез. докл., Самара, 29–31 января 2014 г. – Самара: Изд-во ПГУТИ, 2014. – 1 с.

8. Nasipuri A. A multichannel CSMA MAC Protocol for multihop wireless networks [Текст]/ A. Nasipuri, J. Zhuang, S. Dias//Wireless communications and networking international conference: proceedings, New Orleans (USA) September 21–24, 1999. – New Orleans, USA – PP. 1–6.

УДК: 519.688

ШИФР ХИЛЛА И ЕГО МОДИФИКАЦИИ ДЛЯ МАТРИЦ 32-ГО ПОРЯДКА

Антипин Н.А., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Введение

В докладе приводятся начальные сведения в метод шифрации-дешифрации по Хиллу, результаты численных экспериментов на ЭВМ по этому методу для матрицы 32-го порядка, а также описание модификаций этого шифра.

1.Шифр Хилла и его модификации для матриц 32-го порядка

1.1.Шифр Хилла

Пусть имеется матрица C порядка $n \in N$ с отличным от 0 определителем - |C|, тогда [1] она имеет обратную матрицу C^{-1} того же порядка. Допустим далее, что все её элементы неотрицательные целые числа меньшие некоторого $m \in N$, следовательно [1] |C| будет целым числом. Тогда если |C| и число m не имеют общих делителей, то [3] |C| имеет обратный элемент в кольце вычетов Z_m [2]. Запишем далее матрицу C^{-1} в соответствии с правилами модулярной арифметики в кольце вычетов Z_m [2], получившуюся матрицу назовем D. В [4] обосновывается, что C*D mod m= D*C mod m=E, где E единичная матрица порядка n.

Пример:

Для $C=\begin{Vmatrix} 1 & 2 & 2 \\ 23 & 2 & 7 \\ 9 & 5 & 1 \end{Vmatrix}$ и m=26 получим $D=\begin{Vmatrix} 25 & 16 & 20 \\ 2 & 5 & 13 \\ 25 & 13 & 16 \end{Vmatrix}$.

Алгоритм, по которому работает шифр Хилла, представлен в [4]. Здесь лишь зашифруем и расшифруем слово MRHILL с помощью указанных выше матриц (алфавит английский (m=26), длина блока равна n=3). Первый блок MRH представляется вектором $a0_1$=(12,17,7), шифруя его, получим: $a1_1=(C*(a0_1)^T)^T$ mod 26=(60 mod 26, 359 mod 26, 200 mod 26)=(8, 21, 18)=IVS. Аналогично для блока ILL: $a0_2$=(8,11,11), $a1_2=(C*(a0_2)^T)^T$ mod 26=(52 mod 26, 283 mod 26, 138 mod 26)=(0, 23, 8)=AXI. Дешифрация $a1_1=w0_1$=(8, 21, 18) выполняется с помощью выражения: $w1_1=(D*(w0_1)^T)^T$ mod 26=(896 mod 26, 355 mod 26, 761 mod 26)=(12, 17, 7)=MRH. Аналогично для $a1_2=w0_2$=(0 , 23, 8), $w1_2=(D*(w0_2)^T)^T$ mod 26=(528 mod 26, 219 mod 26, 427 mod 26)=(8, 11, 11)=ILL.

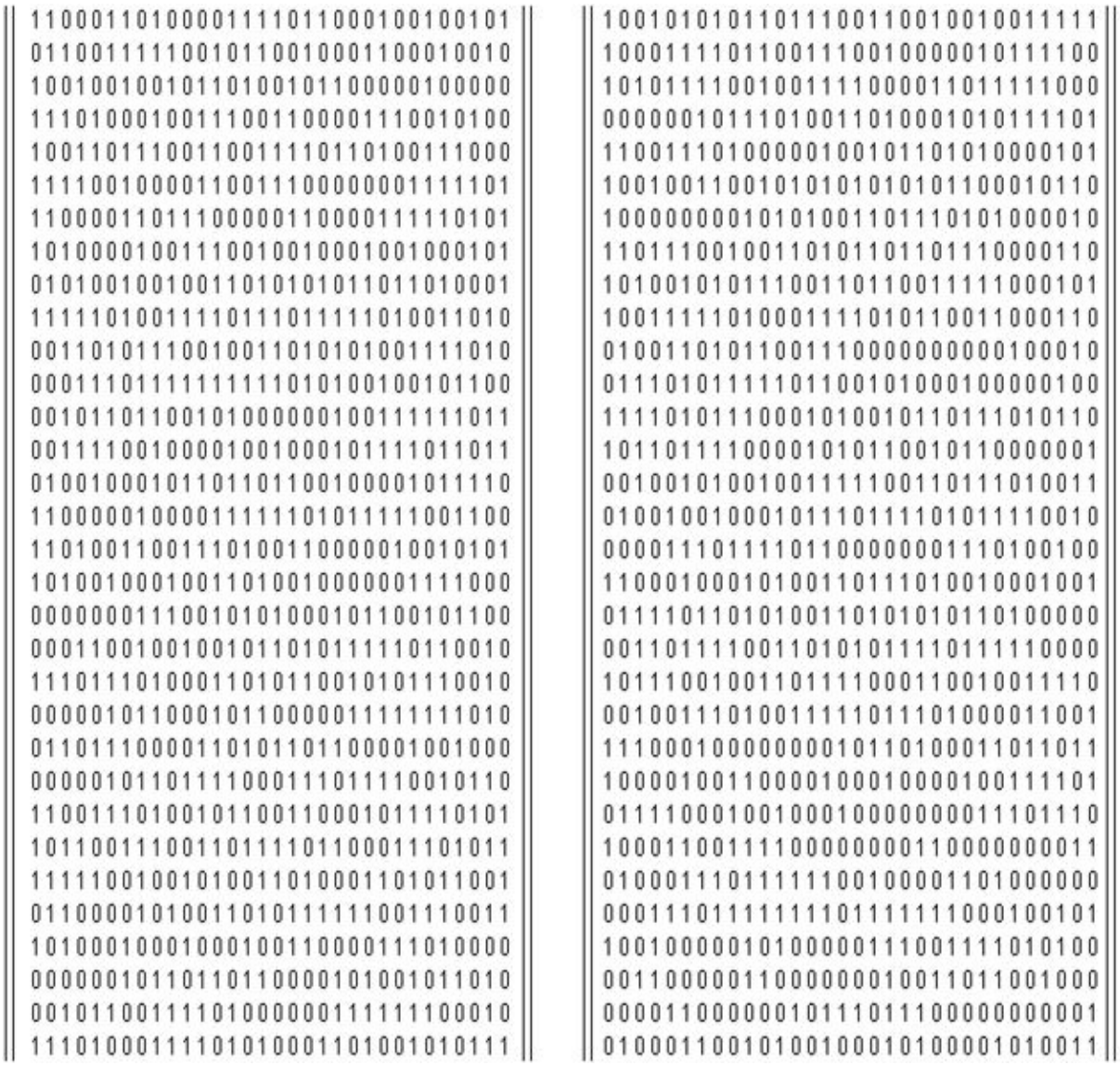


Рис.1.1.1. Матрицы C и D

Некоторые результаты аналогичных расчетов на ЭВМ для матриц, представленных на рис.1.1.1 (n=32, m=2, |C|=-162071281 (меняя местами строки или столбцы [1] C, легко получить матрицы 32-го порядка с определителем равным простому числу [4], на ЭВМ была найдена еще одна подобная матрица [4])), показаны на рис.1.1.2. В другом расчете с этими матрицами 5000 блоков по 32 символа (0 или 1) вычислялись (генерировались, шифровались и дешифровались) и записывались в 3 файла подобно тому, как это представлено в 3-х столбцах рис.1.1.2 за 1,13 с. Затем аналогичные расчеты, но без записи в файлы, проводились для $5*10^4$ подобных блоков за 1.482 с (на генерацию ушло 93 мс). В 1-м случае обработка одного блока занимала 227.6, а во 2-м 29.6 мкс.

Вектор a0	Вектора $(C*(a0)^T)^T$ и a1=w0=$(C*(a0)^T)^T$ mod 2	Вектора $(D*(w0)^T)^T$ и w1=$(D*(w0)^T)^T$ mod 2
995610673710129088677898889976777	1088999599946129910567188127856974 48	
000111111110001101011000101011000	1100011100010001010110001110111	000111111110001101011000101011000
000111111100100011100000000100001	7755986568898886734687869127647 67	868575599847887757108104648541064 33
000111111100100011100000000100001	1111001000100001100010001010101	000111111100100011110000000100001
964779107997767781062696591199874510	1001110111111011000001011111010 10	111127898121112910128101127911286899101387 47
110101001010000101110000011010101	2354655669654555532655367576854 77	110101001010000101110000110101 01
001100000001100000111111001000000	1100110010101111100110111001011	108117861010121279121014108111111111116871010666 10
111001101101100000101011011010100	8117810997612121010977698612998101191061011 10	001100000011000001111111001000000
111001101101100000101011011010100	1100111000100101000001101111011	771146556998798101066987873639834 36
011100000010011101010001101000001	7847576689885858666676567771095 67	111001101101100000101011011010 10
011100000010011101010001101000001	1001110001001010000011011101101	129978861010114611796787101087967 6108667
101000101100101011100111011111000	9988109768131110896115810791096814997 1099	011100000010011101010001101000001
101000101100101011100111011111000	1100011001100110111001011000111	910111088878798669697867912975771 05468
110110000011101100010001000110 0	8677887651150547884578667798645 69	101000101100101011100111011111000
110110000011101100010001000110 0	0011001011101010001100011000101	976978481083998758681168676471 08756
111011100111100111000111011111011	9118111414129111731212121111910811151112101214141481113 14	110110000011101100010001000110 0
111011100111100111000111011111011	1101000111100011100011000000110	977679710811791168757881175567511 5455
100110100111001010110110100010	6751168471170666666411154778796598	111011100111100111000111011111011
100110100111001010110110100010	0111000111000000011101110110 10	988778710895812787859101156788310 8634
110000000100001011111100000011011	1001011110101000111011101100	100110100111001010110110100010
110000000100001011111100000011011	6657987671197897667401165710881066910	119121081061010114610109877713998666813 78556
101110100000010000101111001100	0011101011110010010110000010	110000000100001011111100000011011
101110100000010000101111001100	6563557398767856562674678949577	767578710886108788104989754673116 536
000101100010001111000011000011	1010111110101001001011111	121010910115121011810129121087911110108971012 6479
000101100010001111000011000011	9877107104109810107710666811981010115115711 9	000101100100010111000011000011
010001111101010111011110000	1011010001000110000011000111111	129106677791167127076769119897751 06648
010001111101010111011110000	1112771289981311198599881012117110121112288910	010001111101010101011101100000
101001111010101100111111100011	1011001101111011100001110010001	981184117911078989786111195566911 6645
101001111010101100111111100011	9997119105121181197510107691010711012711 6787	101001111010101100111111100011
000101110101111101010110110001	1111110101011110010110011010101	121010710971312981319911091211011697611 5104 67
000101110101111101010110110001	7664865381081067875557866969483789	000101111010111100110001
000101101110010101011100000011101	1000001100000101111000101001	888767769936898747677986426873 54
000101101110010101011100000011101	1010711110107812912999119710811898111212107 7910	000101101110010101011100000011101
111010111110111000011001010001	1001110010010111110010100011 10	119118710511911789711075881410738471 25663
111010111110111000011001010001	9857859481258109899441010871010987 5910	111010111110111000011001010001
110011110010011000011101100100111	1011011000100101100000010010111 10	991285957810561079664471198574676 635
110011110010011000011101100100111	7567121096681389668108759117969111097677	110011110010011000011101100100111
110010100010100111101100011010000	1101001001010000011111101101 1	117889891010103611881151190991267771011 8410
110010100010100111101100011010000	1013713141241141016111211911133881216139141514131311012 13	110010100010100111101100110100 0
111010111011101100011111110110 0	1011100010010111100001101011100 1	111010111011101100011111110110 0

Рис.1.1.2. Шифрация-дешифрация по методу Хилла для различных начальных блоков текста

1.2.Модификация шифра Хилла – шифр «Ната»

Пусть имеется начальный блок текста $\overrightarrow{a0}=a_0a_1\ldots a_{16*(2*k+1)-2}a_{16*(2*k+1)-1}$, $k\in N$, a_i – символ алфавита, i=0, 1,…, 16*(2*k+1)-1. Алфавит состоит из m упорядоченных символов с номерами от 0 до (m-1).

Шифрацию будем производить по алгоритму:

$\overrightarrow{a1}=\overrightarrow{a1}_1\overrightarrow{a1}_2\ldots\overrightarrow{a1}_k a_{32*k}a_{32*k+1}\ldots a_{32*k+15}$,

где $\overrightarrow{a1}_i=[C_1*[a_{32*(i-1)}\ a_{32*(i-1)+1}\ \ldots\ a_{32*(i-1)+31}]^T]^T \bmod m$, i=1, 2, …, k.

$\overrightarrow{a2}= a1_0a1_1\ldots a1_{15}\overrightarrow{a2}_1\overrightarrow{a2}_2\ldots\overrightarrow{a2}_k$,

где $\overrightarrow{a2}_i=[C_2*[a1_{32*(i-1)+16}\ a1_{32*(i-1)+17}\ldots\ a1_{32*(i-1)+47}]^T]^T \bmod m$, i=1, 2, …, k.

$\overrightarrow{a3}=\overrightarrow{a3}_1\overrightarrow{a3}_2\ldots\overrightarrow{a3}_k a2_{32*k}a2_{32*k+1}\ldots a2_{32*k+15}$,

где $\overrightarrow{a3}_i=[C_3*[a2_{32*(i-1)}\ a2_{32*(i-1)+1}\ \ldots\ a2_{32*(i-1)+31}]^T]^T \bmod m$, i=1, 2, …, k.

C_j, j=1, 2, 3 – одна из квадратных матриц 32-го порядка для шифрации по методу Хилла в данном алфавите.

Дешифрование необходимо производить следующим образом:

$\overrightarrow{w1}=\overrightarrow{w1}_1\overrightarrow{w1}_2\ldots\overrightarrow{w1}_k a2_{32*k}a2_{32*k+1}\ldots a2_{32*k+15}$,

где $\overrightarrow{w1}_i=[D_3*[a3_{32*(i-1)}\ a3_{32*(i-1)+1}\ \ldots\ a3_{32*(i-1)+31}]^T]^T \bmod m$, i=1, 2, …, k.

$\overrightarrow{w2}=w1_0w1_1\ldots w1_{15}\overrightarrow{w2}_1\overrightarrow{w2}_2\ldots\overrightarrow{w2}_k$,

где $\overrightarrow{w2}_i=[D_2*[w1_{32*(i-1)+16}\ w1_{32*(i-1)+17}\ \ldots\ w1_{32*(i-1)+47}]^T]^T \bmod m$, i=1, 2, …, k.

$\overrightarrow{w3}=\overrightarrow{w3}_1\overrightarrow{w3}_2\ldots\overrightarrow{w3}_k w2_{32*k}w2_{32*k+1}\ldots w2_{32*k+15}$,

где $\overrightarrow{w2}_i=[D_1*[w2_{32*(i-1)}\ w2_{32*(i-1)+1}\ \ldots\ w2_{32*(i-1)+31}]^T]^T \bmod m$, i=1, 2,…, k.

D_j – матрица дешифрации по методу Хилла для шифрующей C_j, j=1, 2, 3.

Если последние и начальные 8 символов каждый раз случайно генерировать и присоединять к существующему блоку текста из 32*k символов, то при k=3 (для меньших и подавно!), а возможно и при намного больших k, при другом расположении указанных выше 16 символов, мы будем получать разные $\overrightarrow{w1}$, конечно после дешифрации прибавленные символы должны убираться. Следует заметить, что случайность здесь можно понимать в том, насколько точно генерируемая последовательность псевдослучайных чисел будет распределена по равномерному закону от 0 до значения равному количеству символов в алфавите, уменьшенному на единицу.

При больших размерах исходных текстов 32*k символов, где k>>32, удобно разделить его на блоки по 32*n символов, где n=32, и к каждому такому блоку применить операцию по получению блока $\overrightarrow{w1}$, указанную в самом

начале (случайные символы необходимо ставить после 32 символов и далее через каждые 64 символа по 1). Для оставшегося текста можно применить операцию, указанную в начале предыдущего абзаца. Таким образом для каждых 1024 символов исходного текста необходимо генерировать 16 случайных символов, получая новые векторы $\overrightarrow{w1}$, указанных выше блоков. Если все блоки из 1024 символов разные, то можно для них всех сгенерировать 16 случайных символов только один раз, получая на выходе каждый раз новые блоки.

Заключение

Проведенные вычисления позволяют сделать вывод, что скорость поблочной обработки сообщений методом Хилла высокая. Однако для устранения его существенного недостатка – одинаковые блоки сообщений шифруются в одинаковые шифроблоки – необходимо применять, указанные выше модификации, что приведет к уменьшению скорости обработки, но повысит криптостойкость системы.

Библиографический список

1. Бугров Я. С., Никольский С.М. «Элементы линейной алгебры и аналитической геометрии», -3-е изд., испр. и доп. – М.: Наука, 2013. – 222 с.: ил.

2. Виноградов И.М. «Основы теории чисел», – М.: Наука, 1990.

3. Глухов М.М. «Алгебра: учебник», в 2 т. – М.: Гелиос-АРВ, 2003. Т. 1. – 336 с.

4. Антипин Н.А., Манеев Р.Ю., Федулов Ф.А. Особенности шифра Хилла для матриц 32-го порядка - «Международная конференция “Инновационные подходы к решению технико-экономических проблем”», – М.: МИЭТ, 2014. 10-14 с.

УДК 621.396

ПСЕВДОСЛУЧАЙНЫЙ АЛГОРИТМ СИНТЕЗА КВАЗИОПТИМАЛЬНОЙ ФУНКЦИИ СПЕКТРАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ МОЩНОСТИ СВЕРХКОРОТКОИМПУЛЬСНЫХ СИГНАЛОВ

Костин М.С., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Быстродействие, помехоустойчивость, надежность и скорость передачи потока данных определяют эффективность систем передачи-

сбора и обработки информации. Верхняя граница скорости передачи канала связи интерпретируется теоремой Шеннона-Хартли, следствием которой является ограничение пропускной способности при заданной полосе пропускания и отношение сигнал-шум. Высокое отношение сигнал-шум как в аналоговых, так и цифровых системах связи затрудняет обнаружение сигнала, что может вести к ошибочной воспроизводимости данных. Отсюда важнейшим показателем системы связи является ее помехоустойчивость. Одним из путей повышения помехоустойчивости, информативности и быстродействия современных систем радиосвязи и радиолокации является применение сверхкороткоимпульсных (СКИ) сигналов, относительная широкополосность которых задается значениями 0,25…1 и более. Особый интерес представляет применение СКИ без несущей, достоинством которых является одновременная простота генерации, хорошая проникающая способность, скрытность, сверхразрешение и устойчивость к помехам [1]. Спектр СКИ по характеру существенно отличается от спектра известных широкополосных сигналов. При этом их функция спектральной плотности мощности (ФСПМ) не всегда удовлетворяет регламентируемым требованиям по обеспечению предельно излучаемой мощности в диапазонах FCC-маски (Federal Communications Commission) распределения частот. Это требует поиска алгоритмов оптимизации ФСПМ из условия повышения показателя эффективно излучаемой мощности (ЭИМ) при сохранении заданной широкополосности сигнала путем формирования модифицированных СКИ во временной области.

1. Модель СКИ. Обобщенный критерий оптимизации ФСПМ

В работе для математического описания СКИ-сигнала используется гауссова модель импульса, поскольку аппроксимированная функция видеоимпульса возбуждения антенны, как и сама огибающая излучаемого радиосигнала, аналитически повторяют кривую Гаусса [1]. Временное представление СКИ-радиосигнала с двумя и более лепестками можно задать дифференциальным выражением n-го порядка

$$s^{(n)}(t) \quad G_0 \frac{d^n}{dt^n} \exp \frac{t^2}{2 \frac{2}{s}} \cdot \qquad (1)$$

Здесь G_0 – амплитуда видеоимпульса, причем длительность СКИ $_s$=k $_s$, где k – индекс отклонения, определяемый для относительного уровня оценки длительности видеоимпульса, и равный при отсчете $_s$ по уровню 0,5. Однако для анализа и синтеза СКИ целесообразно придерживаться параметризации $_s$. ФСПМ $W(f)$ для гауссовского радиоимпульса [1]:

$$W(f) \quad |S(f)|^2 \quad A_0 \left| \quad s(t)\exp(\quad j \quad t)dt \right|^2 \quad A_0 \exp \quad (2 \quad _s f)^2 \quad . \quad (2)$$

Из (1) и (2) ФСПМ СКИ *n*-го порядка можно обобщить выражением:

$$W^{(n)}(f) \quad A_0(2 \quad f)^{2n} W(f). \quad (3)$$

Значение центральной частоты СКИ f_0, на которую приходится максимум ФСПМ, определим из ее производной:

$$\left|W^{(n)}(f)\right|_f' \quad 0 \quad f_0 \quad \frac{\sqrt{n}}{2 \quad _s}. \quad (4)$$

На рис.1 слева показано распределение ФСПМ сигнала 1-го порядка $s^{(1)}(t)$ относительно маски излучаемых частот для некоторых значений $_s$. Причем с уменьшением σ_s, согласно (4), f_0 будет смещаться в область верхних частот. Однако, ФСПМ СКИ не всегда удовлетворяет требованиям по предельно излучаемой мощности (рис.1, справа).

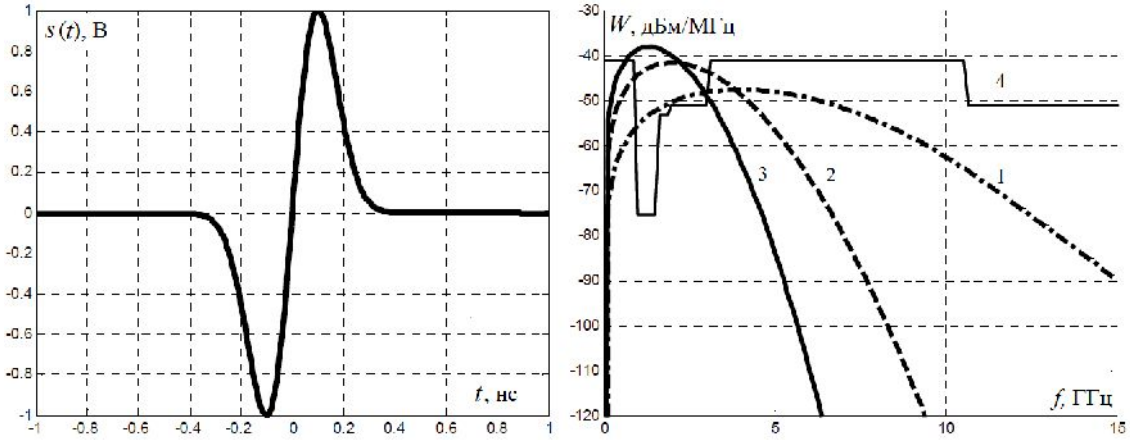


Рис.1. ФСПМ СКИ: нормированный СКИ (слева); его ФСПМ (справа) для 1 – σ_s = 0,04 нс; 2 – σ_s = 0,08 нс; 3 – σ_s = 0,12 нс; кривая 4 – FCC-маска

Действительно, простые гауссовы СКИ-сигналы без применения специальных преобразований по энергетической оптимизации имеют невысокие значения показателя эффективности , который не превышает 50% [2] и определятся отношением эффективной излучаемой мощности СКИ-сиг-нала $P_s(f)$ к максимально допустимой $P_d(f)$ [2]:

$$P_s(f) / P_d(f) \quad \int_{f_н}^{f_в} W_s(f)df \; / \; \int_{f_{н(d)}}^{f_{в(d)}} W_d(f)df, \quad (5)$$

где $W_s(f)$, $W_d(f)$ – ФСПМ СКИ и маски соответственно; $f_{\text{н}}, f_{\text{в}}$ и $f_{\text{н}(d)}, f_{\text{в}(d)}$ – нижние и верхние частотные границы спектральных диапазонов СКИ сигнала и маски соответственно. Обобщенный критерий оптимизации ФСПМ СКИ в заданной полосе излучения может быть задан в качестве целевой функции минимизации

$$F_{\text{Ц}} \int_{f_{\text{н}}}^{f_{\text{в}}} \left| W_d(f) \quad W_{s(opt)}(f) \right|^2 df \quad \min. \qquad (6)$$

2. Псевдослучайный алгоритм синтеза квазиоптимальной ФСПМ

Предлагается множество рационально-эффективных путей улучшения показателя [3], одним из которых является метод оптимизации ФСПМ СКИ по заданной полосе частот на основе выбора порядка дифференцирования *n* и длительности СКИ. Так, для рабочего диапазона 3,1…10 ГГц (рис.1, справа) интегрирование маски ФСПМ определяет ЭИМ 0,6 мВт (-2.55 дБм), которое, собственно, регламентирует предельное действующее значение излучаемой мощности в установленном диапазоне. Из выражения (4) можно заметить, что повышение порядка дифференцирования *n* в (1) и уменьшение σ_s ведет к нелинейному смещению f_0 в область верхних частот, причем со сжатием σ_s происходит расширение спектральной полосы и, наоборот. Так, на рис.2 слева приведен ряд графиков, иллюстрирующих оптимизацию ФСПМ СКИ-сигнала 5-го порядка производной $s^{(5)}(t)$ путем варьирования $_s$ с целью получения максимально возможной ЭИМ в полосе частот относительно предельных значений $W_s(f)$ в маске ступенчатой ФСПМ методом последовательных приближений [4]. Такой метод, реализуемый программным алгоритмом, позволяет повысить показатель до 70…75%. Ниже в таблице приведены оптимизированные значения σ_s для гауссовых СКИ *n*-го порядка.

Таблица

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$_s$, пс	33	39	44	47	51	53	57	60	62	64
f_0, ГГц	4,79	5,78	6,34	6,72	7,01	7,23	7,42	7,57	7,70	7,81
$BW_{10\text{дБ}}$, ГГц	7,50	7,50	7,40	7,07	6,64	6,19	5,59	5,67	5,48	5,24

Действительно, при заданной частоте f_0 и спектральной полосе $BW_{10\text{дБ}}$ можно подобрать форму СКИ (порядок производной *n*) и его соот-

ветствующую длительность τ_s из расчета оптимизации σ_s и предельного значения ФСПМ в заданной полосе, получив оптимальное значение ЭИМ.

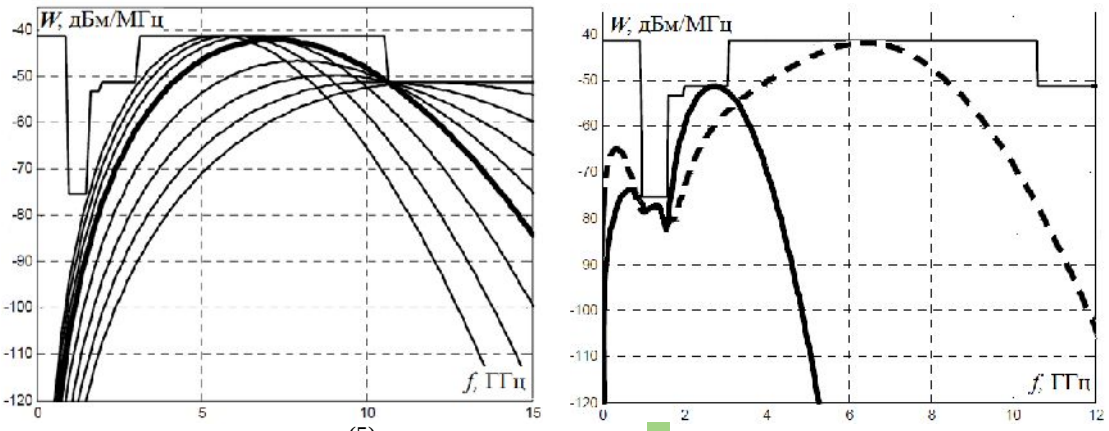


Рис.2. ЭИМ: для СКИ $s^{(5)}(t)$ при вариации τ_s=51 пс (слева) и f_0=7,01 ГГц, полосе $BW_{10дБ}$=6,58 ГГц; для СКИ (1…15-порядка), синтезированного полиномом (7) (справа), где сплошная кривая при f_0 = 2,8 ГГц ($\tau_{s1\ldots15}$=200 пс), пунктирная кривая при f_0 = 6,4 ГГц (τ_{s1}=420 пс, $\tau_{s2\ldots15}$=80 пс)

Однако, по отношению к частотам, взятым из нижней области спектра, оптимизация ФСПМ этим методом может оказаться недостаточно эффективной, особенно, если пределы заданного спектра частот охватывают области граничных ступенчатых переходов маски. В этом случае задачу энергетической оптимизации по допустимой излучаемой энергии в ограниченной полосе частот согласно маске ФСПМ можно решить путем аппроксимации СКИ $s(t)$ полиномом, сконструированным из суммы функций вида $G_n s^{(n)}(\tau_{sn}, t)$, отвечающих в частотной области сумме ФСПМ $P_n W^{(n)}(\tau_{sn}, t)$. Здесь G_n, P_n – амплитудные (весовые) коэффициенты. Во временной области это соответствует синтезу радиоимпульса специальной формы путем параметрической генерации элементов вектора V=[(G_1, τ_{s1}, n_1), (G_2, τ_{s2}, n_2),…, (G_i, τ_{si}, n_i)]; в спектральной области – сумме спектральных лепестков, с возможностью управления мощностью каждой компоненты спектра. Полином формируется из суммы N-производных для одного или нескольких значений (не более трех) τ_n (рис.2, справа):

$$s(t) \sum_{n\ 1}^{N} G_n s^{(n)}(\tau_n, t). \qquad (7)$$

Такое решение является оптимальным с точки зрения формирования ФСПМ обтекаемой геометрии по отношению к маске и может быть реализуемо псевдослучайным алгоритмом. Задача оптимизации ФСПМ в заданной полосе сводится к генерации квазиоптимального набора элементов ве-

совых коэффициентов вектора G $G_1, G_2, ..., G_N$ такого, чтобы в заданной спектральной полосе частот удовлетворялось условие минимизации целевой функции (6). Численно задача решается программным путем методом последовательного случайного перебора значений N элементов вектора G $Rand(G)$ при некотором предельном G_{max}. Алгоритм нахождения квазиоптимального набора элементов вектора G осуществляется в цикле до тех пор, пока не будет достигнуто требуемая ЭИМ P_0 в заданной полосе частот P_0 P_{BG}. Псевдослучайная алгоритмизация поиска весовых коэффициентов является длительной процедурой во времени. Однако, вычисления можно существенно ускорить путем распараллеливания циклов. Искать решение данной задачи от противного (синтезировать ФСПМ из спектральной области во временную) не всегда целесообразно и удобно. Алгоритм оптимизации ФСПМ может быть упрощен, если в качестве параметров n выбрать их оптимальные значения для n-го порядка производных, полученные в таблице. В таком случае возможно эффективнее минимизировать целевую функцию. Применение предложенного метода оптимизации ФСПМ позволяет повысить показатель ЭИМ до 90%.

Заключение

Оптимизация формы ФСПМ, асимптотически приближенной к спектральной маске в заданной полосе частот позволяет улучшить ЭИМ СКИ, а, следовательно, повысить отношение сигнал-шум. Псевдослучайный алгоритм синтеза квазиоптимальной ФСПМ позволяет существенно улучшить показатель ЭИМ сигнала в заданной полосе частот с сохранением широкополосности сигнала путем формирования СКИ заданной геометрии. На практике задача формирования СКИ специальной формы во временной области решается посредством установки на выходе передатчика фильтров либо системы щелевых МПЛ-переходов, формирующих обтекаемую геометрию ФСПМ относительно FCC-маски. Такой принцип оптимизации может быть реализован на базе применения методики получения спектра с управляемым распределением мощности на основе линейного фильтра с конечной импульсной характеристикой, построенного на пикосекундных аналоговых линиях задержки. При этом показатель эффективности излучаемого СКИ-сигнала возможно повысить до 90%, если в качестве параметров n выбрать их оптимальные значения.

Библиографический список

1. Костин М.С., Будагян И.Ф. Аналитическая модель сверхкороткоимпульсного радиосенсорного виброметрического локатора // T-Comm –

Телекоммуникации и Транспорт, 2014. – №11. – С. 52-56.

2. James D. Taylor. Ultra-wideband Radar Technology. – USA.: CRC Press, 2001. – 422 p.

3. Danko A. Radiolocation in Ubiquitous Wireless Communication. USA, Bloomington: Springer, 2010. – 185 p.

4. Mahafza, Bassem R. Radar systems & analysis and design using Matlab. USA, Washington: CHAPMAN & HALL/CRC, 2009. – 533 p.

УДК: 004.087

РЕАЛИЗАЦИЯ БЕЗОПАСНОСТИ МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ С ПОМОЩЬЮ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ПРОШИВКИ ОС ANDROID

Стажков Г.И., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

ОС Android – это Unix-подобная система, представляющая обеспечение работы устройства с пользователем через виртуальную машину Dalvik, что в общем случае сокращает функционал встроенного программного обеспечения. В случае, когда идет речь о программных средствах информационной безопасности, подобные ограничения могут быть критичными. По этой причине, для реализации механизмов защиты не уступающим по функционалу механизмам с настольных ОС, следует использовать встраивание таких механизмов непосредственно в ОС Android, на уровень не ниже Dalvik или ART [1]. В этом случае, механизмы смогут получить больший контроль над ресурсами ОС, а так же представлять некоторый интерфейс для реализации части механизмов на программном уровне информационной безопасности.

Разработка индивидуальных сборок ОС Android из исходников, представленных на сайте Google, помимо всех сложностей компиляций под различные девайсы, так же требует написание нужных к ним драйверов, обеспечивающих связь ОС и железа. Для некоторого упрощения этой работы, можно использовать уже готовые прошивки без предустановленных программ от Google и надстроек от производителей в виде LG или Samsung. Примером таких прошивок может быть CyanogenMod.

По данным многих источников оригинальные прошивки CyanogenMod [2], и основанные на них ROM от энтузиастов, более защищены и стабильны чем стоковые [3] прошивки от LG, Google, Samsung. Причина в том, что CyanogenMod является чистым Android без надстроек от производителя, без скрытых фоновых программ которые шпионят за пользователем и отнимают ресурсы (например ОЗУ) а так же, в отличие от

прошивок от Google не имеют изначально предустановленного пакета Gaps (пакет программного обеспечения Google), который так же потребляет ресурсы и отправляет информацию об использование устройства, либо производит автоматическую синхронизацию ваших данных с серверами Google. Исходя из этого, для основы индивидуальной сборки прошивки лучше выбрать написанную профессионалами Cyanogen Inc прошивку и добавить в нее все то, что нужно для использования мобильного устройства в своих целях.

Для создания и редактирования прошивки предлагается использовать так называемые “кухни” (инструмент для работы с прошивкой), например : dsixda's Android Kitchen[4].

Используя руководство по dsixda's Android Kitchen, для запуска работы программы нужно папку из архива с «кухней» разархивировать по пути "c:/win/home/User/" для Windows или по пути "файловая система/home/User/" для Linux, где User – имя пользователя. Затем запускать нужно через терминал командами "cd kitchen", далее "./menu" (если вы работаете под Windows 7, то win нужно запускать от имени администратор).

Пример: если кухня находится по адресу "файловая система/home/kelt525/papka/kitchen", то команда будет выглядеть так "cd /home/kelt525/papka/kitchen".

Для импортирования ROM (прошивки) в «кухню», нужно закинуть ROM в папку под названием "original_update folder". Кухней поддерживаются несколько форматов прошивки:

- ".zip" файл прошивки.
- "system.img", "boot.img" и остальные.
- ".exe" файл прошивки.

После импортирования ROM приступаем к работе с “кухней”. Запускаем её и видим меню:

========Android Kitchen - by dsixda (xda-developers.com)=======

1. Set up working folder from ROM
2. Add root permissions
3. Add BusyBox
4. Disable boot screen sounds
5. Add wireless tethering
6. Zipalign all *.apk files to optimize RAM usage
7. Change wipe status of ROM
8. Change name of ROM
9. Check update-script for errors
10. Show working folder information

0. Advanced Options
99. Build ROM from working folder

00. About/Update kitchen

Рассматривая раздел "0 - ADVANCED OPTIONS", видим контекстное меню:

11 - Deodex files in your ROM
12 - Add task killer tweak for speed (stock ROM only)
13 - Add /data/app functionality
14 - Add Nano text editor + sysro/sysrw
15 - Add Bash (command shell)
16 - Add Apps2SD
17 - Add /etc/init.d scripts support (busybox run-parts)
18 - Add custom boot animation functionality
19 - Porting tools (experimental)
20 - Tools for boot image (unpack/re-pack/etc.)
21 - Unpack data.img
22 - Sign APK or ZIP file(s)
23 - Convert update-script or updater-script
24 - Miscellaneous optins / Plugin scripts
0 - Back to main menu

В Рабочей “Кухне” можно добавить проверенные и необходимые для обеспечения нужных возможностей программы в ROM двумя способами:

- Перемещения программ в рабочую папку с названием «папка/system/app"» с заменой повторяющихся по названию программ.
- Установкой непосредственно программ в корневой раздел ROM под названием «data» с помощью раздела «Advanced options"где выбираем команду "Add /data/app functionality", после этого создаётся папка "рабочая папка/data/app". В неё перемещаются программы.

Алгоритм работы с Android Kitchen выглядит так:

- Импортируем ROM.
- Запускаем кухню.
- Создаём рабочую папку из ROM'a.
- Добавляем root и BusyBox.
- Делаем DeOdex.
- Удаляем/добавляем/модифицируем что нужно.
- Собираем ROM из рабочей папки.

По завершению получаем готовую к установке прошивку. Чтобы ее прошить, нужно иметь телефон с Mod recovery (программный загрузчик способный прошивать в память устройства стороннюю прошивку без использования компьютера).

Mod recovery бывает двух типов:

- ClockworkMod recovery (CWM).
- TeamWin (TWRP).

Оба имеют как свои плюсы, так и минусы, описание установки, а так же список поддерживаемых устройств можно найти на сайтах разработчиков [5].

Подытожив все описанное в статье, можно вынести главное: мобильные устройства на ОС Android могут хранить внутри себя много важной информации. Эти устройства подвержены различным атакам со стороны злоумышленников, которые могут использовать их в своих целях либо удаленно, либо напрямую. Исходя из важности информации хранимой на мобильном телефоне или планшете, можно использовать как предустановленные производителями меры защиты, или меры описанные в этой статье.

Библиографический список

1. https://source.android.com/devices/tech/dalvik.
2. http://www.cyanogenmod.org.
3. http://droidtune.com/5058/neskolko-prichin-po-kotorym-cyanogen-luchshe-stokovogo-android.html.
4. http://forum.xda-developers.com/showthread.php?t=633246.
5. https://www.clockworkmod.com.

УДК 519.6

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ MATLAB ПРИ РАЗРАБОТКЕ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

Тамбовский С.С., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия,

В процессе разработки новых технических решений и алгоритмов цифровых систем передачи информации (ЦСПИ) возникает потребность в их быстрой и качественной модельной реализации. Существует множество сред, обладающих различными преимуществами и недостатками. Однако одной из наиболее функциональных и удобных сред является MATLAB фирмы Mathworks [1].

Изначально предназначенная для упрощения работы с большими матричными массивами, данная среда получила известность не только благодаря данным возможностям, но и многим другим:

- Специализированные пакеты (Toolboxes).
- Графическое оформление получаемых результатов.
- Быстрое создание готовых интерфейсов и приложений.
- Широкий выбор демонстрационных моделей и примеров.

Пакеты (Toolboxes) обладают набором различных специализированных команд или блоков, если речь идет об использовании Simulink. Они позволяют ускорить и упростить работу. Рассмотрим Communications System Toolbox и DSP System Toolbox (версии 2015a). Первый пакет включает в себя все современные и наиболее распространенные виды модуляций и методик канального кодирования, технологии MIMO, OFDM, просмотр глазковых диаграмм, сигнальных созвездий, оценки вероятностей ошибок и т.д. На рис.1 приведена демонстрация реализации передатчика и приемника сигнала QPSK в канале с АБГШ (SIMULINK).

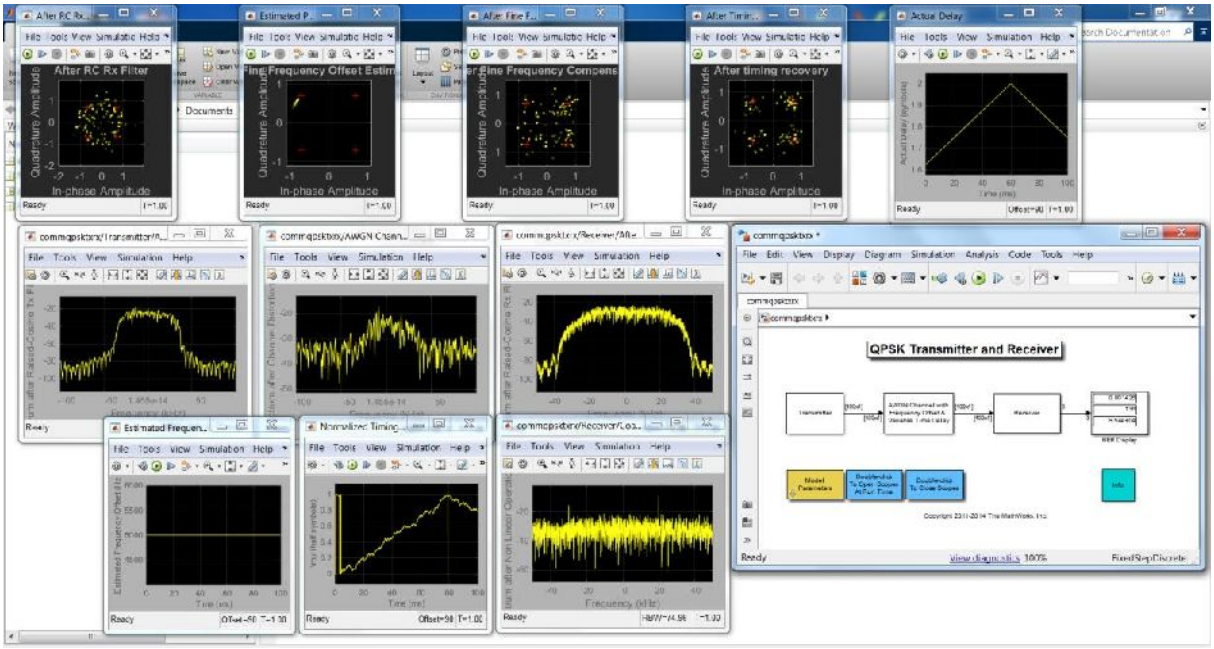


Рис.1

Второй пакет более ориентирован на работу с алгоритмами ЦОС в реальном времени: КИХ и БИХ фильтры (FDATool), адаптивные фильтры и эквалайзеры. Также одной из возможностей является поддержка генерации кода для ARM Cortex и частичной реализации алгоритмов на HDL. Пример, иллюстрирующий сравнение сходимости различных алгоритмов

адаптивной фильтрации в реальном времени, приведен на рис.2.

Используя оба данных пакета, можно производить разработку и моделирование аналоговых радиочастотных приемо-передатчиков и конечных автоматов. Серьезным подспорьем при реализации и проверке различных методик кодирования, обработки сигналов и набора статистики является наличие набора команд и возможности распараллеливания вычисления на одной машине (используя несколько ядер процессора) или на нескольких ПК.

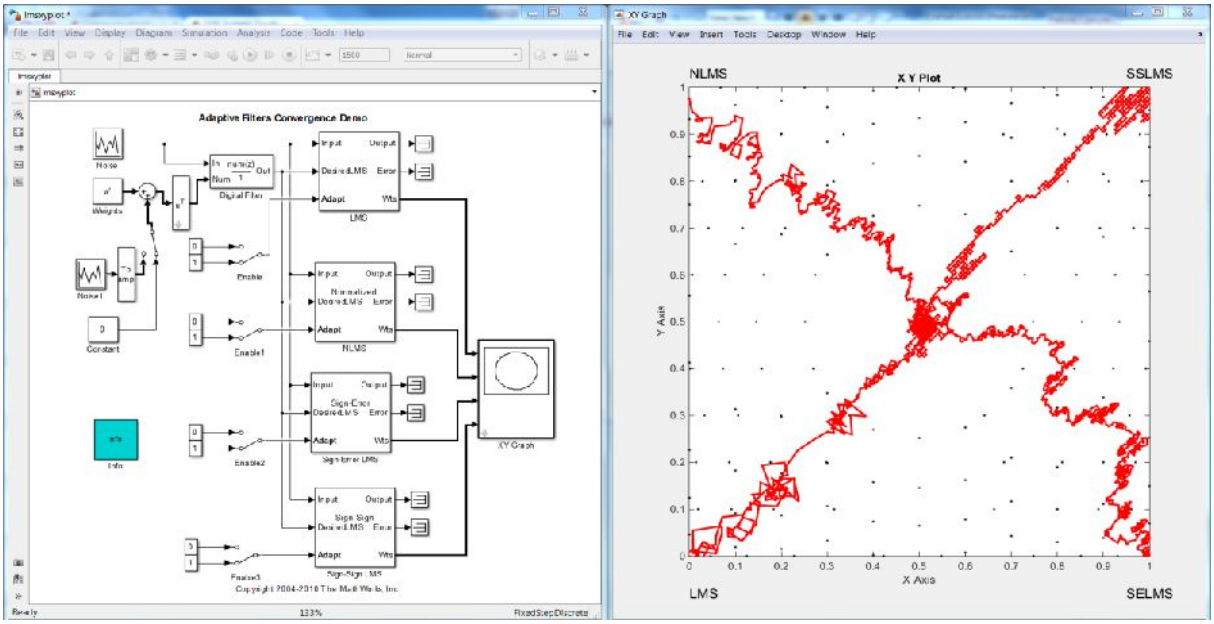


Рис.2

Конечно, возникает вопрос: почему обязательно пользоваться уже готовыми решениями и приложениями, когда их можно написать самому? Ответом может послужить опыт реализации программ для обработки стохастических сигналов и их спектров с последующей визуализацией результатов. Конечно можно самостоятельно написать все необходимые алгоритмы и преобразования, но маловероятно, что они будут работать эффективнее и быстрее подготовленных команд.

Стоит отметить недавний опыт разработчиков компании Samsung над созданием системы связи стандарта 4G в среде SIMULINK [2], что позволило достичь необходимых результатов короткие сроки (3 недели) и организовать многопользовательскую разработку проекта.

В заключение стоит отметить наглядность использования SIMULINK при разработке и повышение читаемости кода при использовании готовых команд. Однако существует ряд недостатков: повышение зависимости от версий MATLAB (некоторые функции 2015 года не будут работать в 2007 и наоборот) и чрезмерное упрощение ра-

боты также может отрицательно сказаться на качестве подготовки специалистов.

Библиографический список

1. http://www.mathworks.com.
2. http://matlab.ru/articles/Samsung_rus_print.pdf.

УДК 004.7

ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ С ПОМОЩЬЮ МОДУЛЯЦИИ СВЕТОВОГО ПОТОКА

Шнайдер Г.Е., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Передача данных сегодня является неотъемлемой частью нашей жизни. Существующие беспроводные сети Wi-Fi, которые связывают нас с помощью Интернета, становятся всё медленнее с ростом их числа. Речь идёт о взаимной интерференции и помехах, снижающих скорость передачи информации в этих сетях. Дело в том, что радиоволны – это всего лишь небольшая часть спектра, доступного для передачи данных, и огромное число Wi-Fi роутеров делает проходимость радиочастот затруднительной подобно движению автомобилей в пробке. Решением этой проблемы является использование технологии Li-Fi, использующей видимый свет для обмена данными.

Аббревиатура Li-Fi образована от двух английских слов light, что в переводе означает «свет» и fidelity – «точность». Проект по разработке данной системы был инициирован исследователями университетов Эдинбурга, Кембриджа и Оксфорда. Технология Li-Fi обеспечивает передачу данных с помощью освещения путём их отправки через обычную светодиодную лампу, интенсивность которой меняется настолько быстро, что человеческий глаз не способен этого заметить.

Li-Fi – это оптическая версия Wi-Fi, которая, в отличие от последнего, имеет значительно большую ширину полосы пропускания частот. Для сравнения, спектр радиоволн, используемых в радиотехнике, лежит в диапазоне от 3 КГц до 3000 ГГц, спектр же видимого излучения варьируется от 385 до 790 ТГц. В результате этого потенциальная эффективность передачи данных посредством Li-Fi значительно выше, нежели у Wi-Fi. Если верить профессору Эдинбургского университета, Харольду Хаасу, который является одним из руководителей этого про-

екта, то в ближайшее время скорость таких устройств будет достигать 15 Гбит/с, а их потенциальная скорость составляет 3 Тбит/с. Скорость же Wi-Fi стандарта 802.11ad для 60-гигагерцового радиодиапазона достигает лишь 7 Гбит/с.

Кроме того, естественный свет, излучаемый такой лампой – это то, с чем мы сталкиваемся на протяжении всей жизни без опасения для своего здоровья, поэтому Li-Fi в этом плане абсолютно безопасен для человека, в отличие от электромагнитных волн, исходящих от Wi-Fi. Помимо безопасности для здоровья человека, характерной особенностью такой системы является безопасность передаваемой информации, ведь, если вы не видите источник света, находясь, к примеру, в другом помещении, вы не имеете доступа к передаваемым данным. В результате этого, такие системы могут использоваться в военных целях, где РЧ коммуникации могут быть подвергнуты прослушиванию.

Li-Fi является более быстрым и дешёвым аналогом Wi-Fi. Он использует быстрые импульсы света для передачи информации по беспроводной сети.

Основными компонентами Li-Fi системы являются:

- Яркий светодиод, являющийся источником передаваемых данных.
- Кремниевый фотодиод (фотодетектор), способный реагировать на видимый свет, являющийся приёмником передаваемых данных.

Светодиоды могут включаться и выключаться для генерации цифровых последовательностей, состоящих из различных комбинаций 1 и 0. Логика очень проста. Если индикатор включен (светодиод горит), фотодетектор регистрирует 1, если выключен (светодиод не горит), фотодетектор регистрирует 0. Таким образом, поток данных кодируется посредством мерцания светодиодов. Диоды используются отправителем или получателем для цифровой модуляции света двоичным набором данных. Скорость такой передачи зависит от частоты мерцания лампы. Скорость также может быть увеличена путём параллельной передачи данных с помощью массива светодиодов, в котором каждый диод передаёт различный поток данных. Ещё один подход для увеличения скорости заключается в передаче данных через каждый из трёх основных цветов - красный, синий, зелёный, которые в совокупности образуют белый свет. Такая многопоточность позволяет передавать больший объём данных.

Система-излучатель Li-Fi включает в себя четыре основных компоненты:

- Лампочка
- Высокочастотный (ВЧ) усилитель цепи питания
- Печатная плата
- Корпус

Печатная плата предназначена для соединения входов и выходов лампы, а встроенный микроконтроллер используется для управления различными функциями лампы. Радиочастотный сигнал порождается твердотельным ВЧ усилителем цепи питания и преобразуется в электрическое поле вблизи лампочки. Высокая плотность энергии электрического поля доводит содержимое лампочки до состояния плазмы. Эта управляемая плазма и является интенсивным источником света. Все эти компоненты обрамлены алюминиевым корпусом.

Так как наиболее распространённой системой беспроводного интернета на сегодняшний день является Wi-Fi, то имеет смысл сравнить с ней систему Li-Fi. Сделать это возможно посредством рассмотрения четырёх основных проблем, возникающих при анализе подобных систем.

Проблемы Wi-Fi, связанные с радиоволнами:

1. *Ёмкость:* Данные в беспроводных сетях передаются с помощью радиоволн, которые ограничены и дороги. Они имеют весьма ограниченную пропускную способность и работают только в определённых диапазонах. С увеличением объёма передаваемых данных и развитием таких технологий, как 3G и 4G, подобные сети всё хуже справляются со своей задачей. У них просто заканчивается спектр.

2. *Эффективность:* 1.4 миллиона сотовых радиостанций потребляют огромное количество энергии. Большая часть этой энергии используется не для передачи радиоволн, а для охлаждения этих станций. Поэтому эффективность таких радиостанций составляет всего лишь 5%.

3. *Доступность:* Доступность радиоволн является большой проблемой. Крайне не рекомендуется использовать мобильные телефоны и другие системы радиосвязи в самолётах, нефтехимических предприятиях, заправочных станциях и больницах. Это вопрос безопасности.

4. *Безопасность:* Радиоволны могут проникать сквозь стены. Они могут быть перехвачены и использованы в интересах злоумышленника, о чём пользователь, вероятно, даже не будет подозревать. Это является главной проблемой безопасности подобных сетей.

Преимущества Li-Fi:

Ёмкость: Свет имеет в 10000 раз большую полосу пропускания частот, чем радиоволны. Кроме того, для данной технологии имеется огромное количество инфраструктуры, ведь системы освещения используются повсеместно. Поэтому Li-Fi имеет хорошие шансы для широкого применения, так как часть необходимого оборудования уже имеется.

Эффективность: Передача данных с помощью Li-Fi является очень дешёвой. Ведь светодиодные фонари потребляют мало энергии и являются весьма эффективными. Таким образом, оплачивая электроэнергию, можно иметь бесплатный Интернет. Кроме того, заменив не-

эффективные лампы накаливания на светодиодные, можно сэкономить огромное количество энергии и, следовательно, сократить ресурсопотребление.

Доступность: В отличие от радиоволн, свет есть везде. Более того, он просто необходим. Как можно представить, к примеру, больницу без света? Врачи просто не будут справляться со своими обязанностями из-за отсутствия освещения. Поэтому повсеместное его использование является мощным источником высокоскоростной передачи данных.

Безопасность: Световые волны не проникают сквозь непрозрачные стены. Таким образом, они не могут быть перехвачены для ненадлежащего использования.

С появлением Li-Fi, для доступа в сеть больше нет необходимости находиться в зоне действия Wi-Fi – для доступа к Интернету достаточно просто найти ближайшую лампу.

Недостатки Li-Fi:

Одним из недостатков такой системы по сравнению с радиоволнами является то, что световой поток не может проникать сквозь стены и непрозрачные материалы. Выше эта особенность была отнесена к преимуществам безопасности, однако, с точки зрения удобства, это, несомненно, недостаток.

Другой недостаток заключается в том, что Li-Fi нормально работает только в зоне прямой видимости, то есть светодиодное устройство передатчика и фотодетектор приёмника должны находиться строго напротив друг друга. Правда эта проблема возникает из-за недостатков реализации – она вполне устранима в будущем.

И, наконец, перечислим, те области, где данная система могла бы быть наиболее полезна.

Применение Li-Fi:

Интеллектуальные транспортные системы: Фары автомобилей, светофоры, уличные фонари, оснащённые системой Li-Fi, могут коммуницировать между собой, позволяя оптимизировать движение автомобилей, а также избегать аварий.

Подводная среда: Радиоволны плохо распространяются под водой – свет это делает намного лучше. Дайверы могут использовать свои факелы, чтобы общаться друг с другом. Подводные лодки также могут получать и передавать информацию кораблям, находящимся на поверхности воды, а корабли могут, в свою очередь, преобразовывать оптический сигнал в радиосигнал для более дальней передачи на сушу. Также можно поместить в океан датчики для сбора данных в режиме реального времени, которые будут связываться с расположенным на поверхности маршрутизатором. Это позволит своевременно обнаружить цунами и загрязнения и передать ин-

формацию, к примеру, в приложение, установленное на смартфоне, что может спасти жизни людей.

Внутренняя навигация: Li-Fi может быть использован для навигации по любой больнице или офисного здания с помощью обычного смартфона.

Нефтяные и газовые скважины: Обслуживание таких скважин может быть более лёгким и эффективным. Для этого достаточно разместить передатчик в нижней части скважины и приёмник в верхней части, которые будут осуществлять мониторинг в режиме реального времени. Подобным образом эта система может быть использована для любых нужд нефтяной и химической промышленности.

Больницы: В операционных залах нельзя использовать Wi-Fi, так как радиоволны могут влиять на показания медицинских электронных приборов. На помощь здесь может прийти Li-Fi, который может быть использован для более эффективной работы медицинского оборудования.

На борту воздушного судна: Радиоволны создают электромагнитные помехи, которые могут вызывать сбои в работе навигационного оборудования самолёта, а также вносить искажения в работу наземных сетей. Li-Fi решает эту проблему, используя освещение салона самолёта для передачи данных.

Безусловно, система Li-Fi весьма перспективная, в силу своих особенностей, которые являются её преимуществами. Однако некоторые преимущества с точки зрения одних критериев, к примеру, безопасности, являются недостатками с точки зрения других, к примеру, удобства. Поэтому можно сделать важный вывод: для эффективной передачи данных по беспроводным каналам необходимо совместное компромиссное использование оптических сетей и радиосетей.

Библиографический список

1. Jyoti Rani, PrernaChauhan, RitikaTripathi, «Li-Fi (Light Fidelity)-The future technology In Wireless communication», International Journal of Applied Engineering Research, ISSN 0973-4562 Vol.7 No.11 (2012).

2. Richard Gilliard, Luxim Corporation, «The lifi® lamp high efficiency high brightness light emitting plasma with long life and excellent color quality».

3. Richard P. Gilliard, Marc DeVincentis, AbdeslamHafidi, Daniel O'Hare, and Gregg Hollingsworth, — «Operation of the LiFi Light Emitting Plasma in Resonant Cavity».

4. Visilink, «Visible Light Communication Technology for Near-Ubiquitous Networking» White Paper, January 2012.

УДК 621.391

ПОДДЕРЖАНИЕ УРОВНЯ QOS В СЕТИ LTE ПОСРЕДСТВОМ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ КООПЕРАЦИИ

Шантуров Е.М., Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, Россия

Сотовая связь 4-го поколения, как и предыдущие поколения, сталкивается с теми же проблемами в радиосвязи, которые возникают при развертывании сети в плотной городской застройке, а именно: переотражение радиосигналов, доплеровский эффект, сильная зашумленность радиоканала и др. В случае нахождения абонента вне зоны радиодоступа или в подвальном помещении, велика вероятность того, что абонент не будет обслужен и в такой момент происходит процесс переключения на сеть предыдущих поколений с соответствующими потерями качества сервиса, в самом худшем случае абонент останется не обслуженным. В таких ситуациях может помочь технология кооперации, которая с помощью ретрансляции сигналов от мобильных терминалов (МТ) позволяет передавать сообщения в места, ранее не охваченные сотой [1]. Т.е. данные оконечного абонента передаются базовой станцией (БС), затем они ретранслируются в МТ кооператоре дальше к оконечному пользователю. Кроме того, кооперация позволяет увеличить пропускную способность канала, а также обеспечить необходимые показатели в помехоустойчивом приеме.

При использовании кооперации в сети LTE считаем необходимым ввести дополнительно выделенный канал – канал кооперации, который вносит основные изменения в сети на уровне радиодоступа, в виде ретрансляции данных между МТ. В остальной части мобильной сети методы передачи данных не изменятся. Отметим, что сотрудничество между мобильными терминалами управляется БС. Составим алгоритм выбора режима кооперации при определенных условиях передачи, рис. 1.

При неблагоприятных условиях передачи данных между БС и абонентом, и необходимости обслуживания последнего в соответствии с нормами качества обслуживания (Quality of Service (QoS)), абоненту предоставляется выделенный канал, в котором будет использоваться технология кооперации. Вначале определяется тип сервиса, в котором нуждается абонент. Определяется приоритет и параметры передаваемых данных. У каждого сервиса есть свои требования на соответствие нормам по временной задержке, вероятности приема пакета с ошибками, гарантированная или нет скорость передачи данных [2].

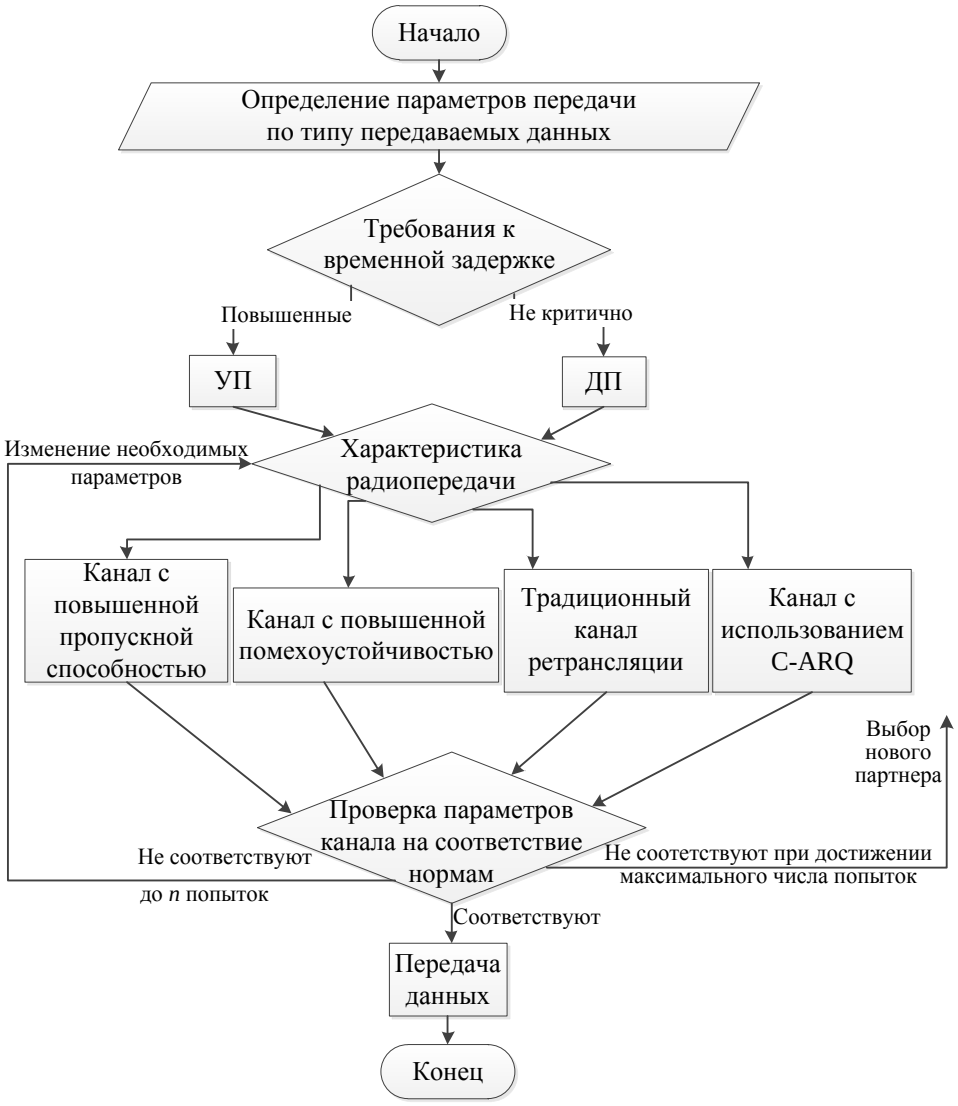


Рис. 1 Логическая блок схема выбора метода кооперации

При необходимости передачи данных с минимальной временной задержкой, следует использовать метод прозрачной ретрансляции, в остальных случаях можно использовать метод ретрансляции с декодированием. Усиление-и-передача (УП) является прозрачным (не регенеративным) способом передачи данных, что означает, что кооператор не декодирует данные из сигнала, принятые от источника, т.е. приемник принимает сигнал на одной частоте и сразу же ретранслирует его на другой частоте с минимальной временной задержкой. В отличие от УП, кооперативный узел в методе декодирование-и-передача (ДП), который принадлежит регенеративной кооперации, декодирует принятый пакет, а затем перекодирует информацию и пересылает его к адресату. В методе ДП сигнал посылается перекодированным без искажений, вновь излученным приемопередатчиком. При аналоговой ретрансляции помехи принятые кооператором усиливаются вместе с полезным сигналом, и все

это сразу передается дальше на другой частоте. Минимизировать принятые кооператором помехи можно, при условии положительного выбора кооператора, т.е. когда выбирается кооператор, у которого канал с БС меньше всего зашумлен, сигнал в таком случае будет приниматься с минимальными искажениями, не влияющие на получение адресатом данных без ошибок.

Одним из важнейших критериев выбора типа канала кооперации является то, что в большей степени требуется от радиоканала для выбранного типа сервиса, это может быть повышенная пропускная способность, повышенная помехоустойчивость, гарантия доставки данных, или просто канал ретрансляции радиосигналов. Повышенная пропускная способность радиоканала тесно связана с повышенной помехоустойчивостью метода передачи данных. Пространственное разнесение сигнала является мощным методом по борьбе с зашумленным каналом, где также присутствует переотражение сигналов. Справляясь с сильной помеховой обстановки, можно добавлять больше полезной информации в сигнал. Если радиоканал отвечает условиям передачи данных и допускается среднее значения битовых ошибок, то может использоваться метод пространственного разнесения с реализацией технологии MISO (множественный вход, единственный выход), когда кооператор будет выступать в роли виртуальной передающей антенны. При необходимости передачи данных с повышенной помехоустойчивостью, полезная информация будет частично заменяться проверочными данными, что позволит декодировать данные и исправить ошибки при их наличии. В случае необходимости гарантии в доставке данных, можно использовать технологию Cooperative-ARQ (автоматический запрос повторной передачи). При приеме оконечным пользователем данных с ошибками, он может запросить повторную их передачу от кооператора партнера, который так же получает их и хранит в буфере определенное время. Традиционный канал ретрансляции позволит работать адресату с кооператором даже без прямой связи с БС. Такой способ может использоваться при нахождении абонента в затененной области соты или за пределами зоны радиодоступа, когда радиосигнал от БС не достигает МТ, т.о. искусственно расширяется зона обслуживания. В этом случае через ретранслятор будет передаваться полезная информация вместе со служебной.

Приведем в качестве примера применение метода пространственного разнесения с реализацией технологии MISO, когда кооператор будет выступать в роли виртуальной передающей антенны, рис. 2. Проведен анализ данной системы с помощью следующих формул [3]:

$$P_{E_0} \quad P_E \quad p \quad d, \qquad (1)$$

$$P_E \quad G_C \quad -^{G_d}, \tag{2}$$

$$P \quad a,t, \tag{3}$$

$$G_C \quad k \frac{2^t a \Gamma(t \frac{3}{2})}{\sqrt{\quad t \ 1}} \frac{1}{t \ 1}, \tag{4}$$

$$G_d \quad t \ 1, \tag{5}$$

где: P_E — вероятность ошибки; P — описывает канал с параметрами a и t; G_C и G_d коэффициенты кодирования и разнесения соответственно, имеют условное наименование.

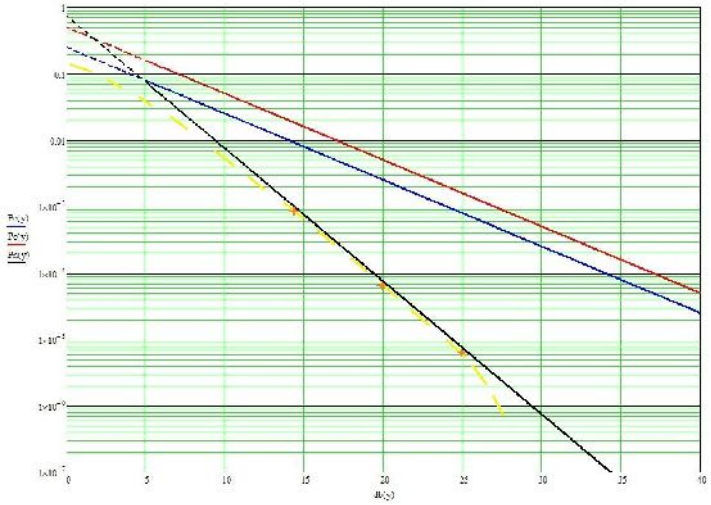


Рис. 2 Вероятность ошибки с применением метода кооперации

На графике, по оси абсцисс откладывается изменение отношения С/Ш в дБ, по оси ординат значение вероятности ошибки. Синей линией показана аппроксимационная характеристика канала с одним участком, красной линией с двумя участками. Желтой прерывистой линией показана характеристика Аламоути, которая предполагает использование двух независимых каналов, имеющих идентичные характеристики. Черной линией показана аппроксимационная характеристика системы с кооперацией. Полученные результаты представлены в виде графиков, из которых видно, что характеристика системы с кооперацией MISO практически не хуже стандартной схемы Аламоути. Используя мобильного кооператора, система получается гибкой, легко адаптируется к условиям среды распространения сигнала. Т.о., применяя кооперацию можно получить систему передачи MISO, когда реализовать ее традиционным способом в определенных условиях не представляется возможным.

После передачи, на приемной стороне проводится анализ, соответствуют ли принимаемые сигналы требованиям QoS. В противном случае будут приниматься меры по изменению методов передачи сигнала. Так, например, для уменьшения ошибок на приеме следует уменьшить количество передаваемой полезной информации, замещая её проверочными битами, также можно использовать модуляцию более низкого порядка, либо подобрать другого кооператора, связь у которого с БС и оконечным пользователем более качественная. Если ни один метод в канале кооперации не приносит успеха при передаче, канал кооперации может быть отменен, пока условия не станут более благоприятными для передачи или не подберется новый территориально удачно расположенный партнер.

Стоит отметить, что сам канал кооперации не дает гарантии постоянной поддержки определенного уровня сервиса обслуживания, т.к. кооператорами являются другие МТ, которые в любой момент могут перемещаться, выключаться, или быть загруженными. В определенные моменты времени технология кооперации может оказаться очень эффективной. В случае оказания услуг, которые требуют гарантию скорости передачи, кооперация может применяться как вспомогательный канал в совокупности с основным каналом, которые вместе смогут соответствовать требованиям QoS, а также улучшить показатели радиопередачи.

Технология кооперации является мощным инструментом в системе подвижной радиосвязи, который может качественно улучшить параметры радиопередачи по сравнению с традиционными методами в мобильной связи. Методы кооперации сложны в их осуществлении в системе связи. Однако при тщательном планировании и разработке инструментов настройки сети с технологией кооперации, можно добиться улучшения показателей радиопередачи, которые будут соответствовать требованиям современного QoS, что даст возможность чаще ее использовать. Как следствие, кооперация должна принести выгоду, как операторам мобильной связи, так и абонентам использующие данную технологию.

Библиографический список

1. Peter Hong Y.-W, Huang W-J, Jay Kuo C.-C Cooperative Communications and Networking // Springer Science+Business Media LLC, 2010. – p. 1-8.

2. Quality of Service in LTE [Электронный ресурс] URL: https://www.sandvine.com/downloads/general/whitepapers/quality-of-service-in-lte-long-form.pdf (дата обращения: 10.03.2015).

3. Zhengdao Wang, Georgios B. Giannakis A Simple and General Parameterization Quantifying Performance in Fading Channels // IEEE Transactions on Communications, vol. 51, no. 8, august 2003. – p. 1390-1394.

СЕКЦИЯ 3. РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ И РАДИОНАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

УДК 621.396

К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ СИСТЕМ СИНХРОНИЗАЦИИ МНОГОПОЗИЦИОННЫХ РЛС

Арсеньев Г.Н., Войнов И.Д., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Введение

В радиотехнических системах, комплексах многопозиционных РЛС, аппаратуре связи с целью обеспечения синхронного режима работы большого количества технических устройств, расположенных на обширной территории, используются системы традиционной автоподстройки (ФАП) и фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ). Они являются наиболее распространенными элементами радиосистем и комплексов и от показателей качества этих систем во многом зависят их эффективность.

Анализу динамических характеристик ФАП и ФАПЧ, а также методам повышения их точности и быстродействия посвящено достаточно большое количество работ [1,2,3,4,5,6]. Однако требования к показателям качества синхронизации непрерывно возрастают, удовлетворить которые можно благодаря применению новых принципов построения систем синхронизации, способствующих улучшению динамических характеристик систем.

1.Функциональная схема корреляционной системы с принципом управления по отклонению

В работе предлагается использовать корреляционную функцию $R(\tau)$ для построения корреляционных систем экстремального управления (СЭУ). Находя и поддерживая максимум корреляционной функции $R(\tau)$, они обеспечивают совмещение во времени сигналов. Более совершенными системами экстремального управления являются корреляционные дифференциальные СЭУ, в которых поиск экстремума выполнятся без непрерывных колебаний [3,4]. Пример функциональной схемы такой системы приведен на рис.1.

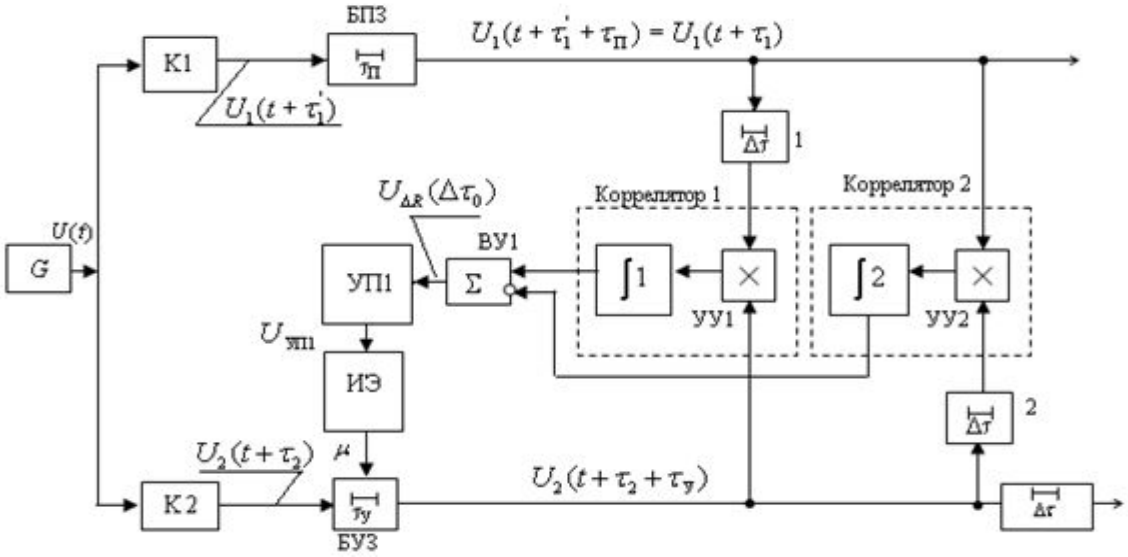


Рис.1. Функциональная схема корреляционной системы с принципом управления по отклонению

Сигнал $U_1(t+\tau_1')$ с выхода канала К1 проходит через блок постоянной задержки БПЗ на время $\tau_{П}$. С выхода блока БПЗ сигнал $U_1(t+\tau_1'+\tau_{П})$ или сигнал $U_1(t+\tau_1)$, где $\tau_1=\tau_1'+\tau_{П}$, поступает на корреляционную систему и является ее выходным сигналом. Сигнал $U_2(t+\tau_2)$ с выхода канала К2 поступает на блок управляемой задержки $\tau_{У}$ (блок БУЗ), входящего в корреляционную систему. С выхода БУЗ сигнал $U_2(t+\tau_2+\tau_{У})$ поступает на выход системы.

Задача корреляционной системы состоит в том, чтобы БУЗ вырабатывал такую управляемую задержку $\tau_{У}$, которая при изменении разности $\Delta\tau_{ВХ}=\tau_1-\tau_2$ времен запаздывания входных сигналов $U_1(t+\tau_1)$ и $U_2(t+\tau_2)$ обеспечивала в каждый момент времени с определенной точностью равенство времен запаздывания

$$\tau_1=\tau_2+\tau_{У} \qquad (1)$$

выходных сигналов $U_1(t+\tau_1)$ и $U_2(t+\tau_2+\tau_{У})$ или

$$\Delta\tau_{ВХ}=\tau_1-\tau_2=\tau_{У}. \qquad (2)$$

Включение блока постоянной задержки БПЗ обеспечивает возможность достижения равенства времен запаздывания в случае, когда сигнал $U_1(t+\tau_1')$ опережает во времени сигнал $U_2(t+\tau_2)$, и в этом случае необходимо было бы выполнить сдвиг сигнала $U_2(t+\tau_2)$ во времени в сторону опережения, что физически нереализуемо.

На сегодняшний день отсутствуют строгие методы анализа корреляционных дифференциальных систем выравнивания временных запаздываний (восстановление корреляции) сигналов и повышения их точности.

Цель работы состоит в построении структуры корреляционной системы обеспечивающей повышение динамической точности.

Эффективным методом повышения точности систем автоматического управления является введение в такие системы разомкнутых компенсационных связей по задающему и возмущающему воздействиям, то есть построение комбинированных систем с комбинированным принципом управления [2].

2.Функциональная схема комбинированной корреляционной системы

Функциональная схема комбинированной корреляционной с дифференциальной связью системы изображена на рис.2. Замкнутая часть системы, как было описано в п.1, состоит из корреляторов 1 и 2, каждый из которых содержит устройства умножения УУ1 и УУ2 и сглаживающие фильтры $\int 1$ и $\int 2$ соответственно, блоков постоянной задержки 1 и 2 , вычитающего устройства ВУ1, усилителя-преобразователя УП1, исполнительного элемента ИЭ и блока управляемой задержки БУЗ.

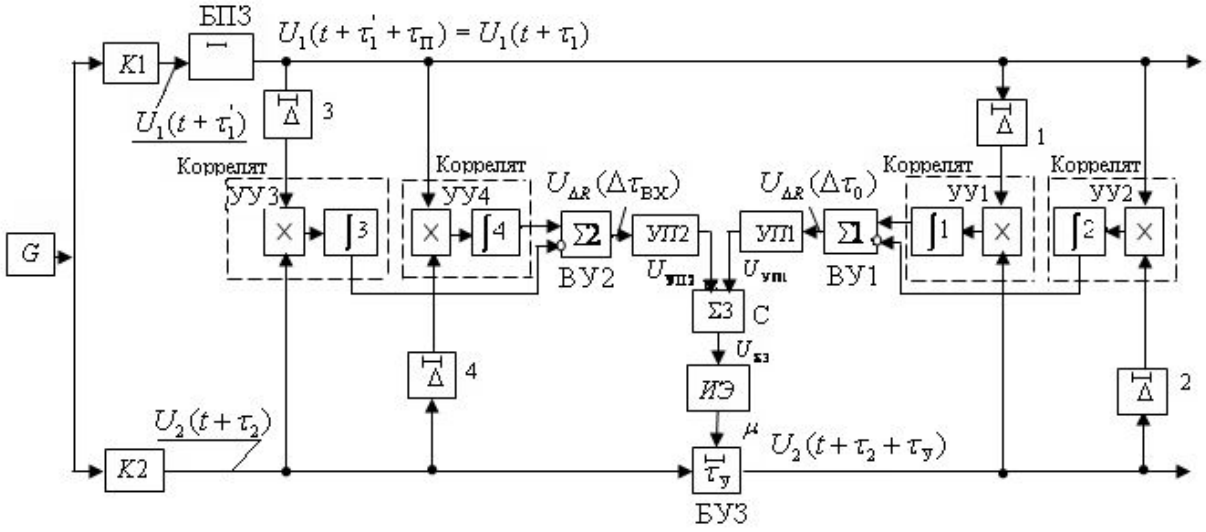


Рис.2. Функциональная схема комбинированной корреляционной с дифференциальной связью системы

Связь по задающему воздействию $\Delta\tau_{ВХ}$ содержит корреляторы 3 и 4, каждый из которых состоит из устройств умножения УУ3 и УУ4 и сглаживающих фильтров $\int 3$ и $\int 4$ соответственно, блоки постоянной задержки 3 и 4 на время $\Delta\tau$, вычитающее устройство ВУ2, усилитель-преобразователь УП2, сумматор С.

Сигнал $U_1(t+\tau_1)$ с выхода блока постоянной задержки БПЗ на время $\tau_{\text{і}}$ канала К1 через блок постоянной задержки 3 на $\Delta\tau$ поступает на устройство умножения УУ3 коррелятора 3, а на устройство умножения УУ4 коррелятора 4 непосредственно. Сигнал $U_2(t+\tau_2)$ с выхода канала К2 на устройство умножения УУ3 коррелятора 3 поступает непосредственно, а на устройство умножения УУ4 через блок постоянной задержки 4 на $\Delta\tau$.

Сигналы с выходов сглаживающих фильтров $\int 3$ и $\int 4$ корреляторов 3 и 4, соответствующие корреляционным функциям:

$$\left.\begin{aligned} U_{R_3}(\Delta\tau_{\text{ÂÕ}}+\Delta\tau) &= \lim_{T\to\infty}\frac{1}{2T}\int_{-T}^{T}[U_1(t+\tau_1+\Delta\tau)][U_2(t+\tau_2)]\,dt;\\ U_{R_4}(\Delta\tau_{\text{ÂÕ}}-\Delta\tau) &= \lim_{T\to\infty}\frac{1}{2T}\int_{-T}^{T}[U_1(t+\tau_1)][U_2(t+\tau_2+\Delta\tau)]\,dt, \end{aligned}\right\} \qquad (3)$$

поступают на вычитающее устройство ВУ2.

Корреляционные функции $U_{R_3}(\Delta\tau_{\text{ВХ}}+\Delta\tau)$ и $U_{R_4}(\Delta\tau_{\text{ВХ}}-\Delta\tau)$ принимают экстремальные значения при $\Delta\tau_{\text{ВХ}}=-\Delta\tau$ и $\Delta\tau_{\text{ВХ}}=\Delta\tau$ соответственно, т.е. статические характеристики корреляторов 3 и 4 смещены относительно $\Delta\tau_{\text{ВХ}}=0$ на $-\Delta\tau$ и $\Delta\tau$. Напряжение $U_{\Delta R}(\Delta\tau_{\text{ВХ}})$ на некотором участке изменения $\Delta\tau_{\text{ВХ}}$ статической характеристики (4) пропорционально $\Delta\tau_{\text{ВХ}}$

$$U_{\Delta R}(\Delta\tau_{\text{ВХ}})=k_{\text{С}}\,\Delta\tau_{\text{ВХ}}, \qquad (4)$$

т.е. с помощью связи по задающему воздействию $\Delta\tau_{\text{ВХ}}$ измеряется это воздействие – напряжение $U_{\Delta R}(\Delta\tau_{\text{ВХ}})$ пропорционально $\Delta\tau_{\text{ВХ}}$.

Усиленное напряжение $U_{\Delta R}(\Delta\tau_{\text{ВХ}})$ с выхода устройства ВУ2 на устройстве Σ3 суммируется с напряжением сигнала ошибки $U_{\text{УП1}}$ системы, поступает на исполнительный элемент ИЭ, на выходе которого формируется управляющие воздействие μ. Воздействие μ изменяет в блоке БУЗ время задержки $\tau_{\text{Ó}}$ так, что ошибка системы $\Delta\tau_0$ уменьшается.

3.Анализ динамических ошибок корреляционной системы с принципом управления по отклонению

Математическая модель корреляционной системы выравнивания

временных запаздываний представлена на рис.3 в виде структурной схемы.

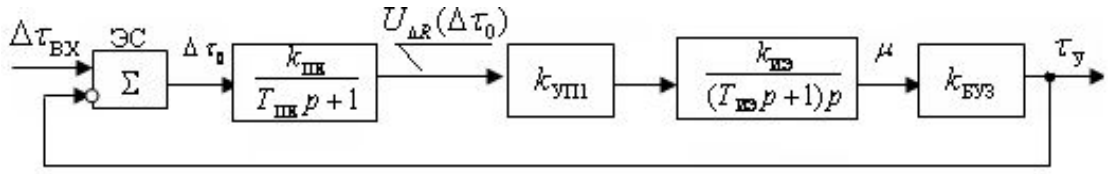


Рис.3. Математическая модель корреляционной системы с принципом управления по отклонению

Для значений постоянных времени $T_{ПК} = 2 \cdot 10^{-6}$ с, $T_{ИЭ} = 10 \cdot 10^{-6}$ с и коэффициентов усиления $k_{ПК} = 5$ В/с, $k_{УП1} = 200$, $k_{ИЭ} = 100$ 1/с и $k_{БУЗ} = 1$ с/В, передаточная функция замкнутой системы по ошибке имеет вид

$$K_{\Delta\tau_0}(p) = \frac{\Delta\tau_0(p)}{\Delta\tau_{ВХ}(p)} = \frac{1}{1+K_Р(p)} = \frac{(T_{ПК}p+1)(T_{ИЭ}p+1)\,p}{(T_{ПК}p+1)(T_{ИЭ}p+1)\,p+k_Р} = \frac{a_0p^3+a_1p^2+a_2p}{b_0p^3+b_1p^2+b_2p+b_3} = \frac{D_{\Delta\tau_0}(p)}{F_{\Delta\tau_0}(p)}, \quad (5)$$

где $a_0 = T_{ПК}T_{ИЭ} = 20 \cdot 10^{-12}$; $a_1 = T_{ПК} + T_{ИЭ} = 12 \cdot 10^{-6}$; $a_2 = 1$; $b_0 = T_{ПК}T_{ИЭ} = 20 \cdot 10^{-12}$; $b_1 = T_{ПК} + T_{ИЭ} = 12 \cdot 10^{-6}$; $b_2 = 1$; $b_3 = k_Р = 100000$.

Система является астатической с астатизмом первого порядка.

Если задающее воздействие изменяется по линейному закону $\Delta\tau_{ВХ}=\alpha_0+\alpha_1 t$, то установившаяся динамическая ошибка имеет постоянное значение вида

$$\lim_{t\to\infty}\Delta\tau_0(t) = \lim_{p\to 0} p\,\frac{a_0p^3+a_1p^2+a_2p}{b_0p^3+b_1p^2+b_2p+b_3}\left[\frac{\alpha_0}{p}+\frac{\alpha_1}{p^2}\right] = \frac{a_2}{b_3}\alpha_1 = \frac{1}{k_Р}\alpha_1. \quad (6)$$

Если задающее воздействие изменяется по закону квадратичной функции, то динамическая ошибка системы увеличивается по линейному закону.

Корни характеристического многочлена системы

$$F_{\Delta\tau}=b_0p^3 + b_1p^2+b_2p+b_3 \quad (7)$$

определяют устойчивость системы и быстродействие переходных процессов в ней. Корни характеристического многочлена данной системы равны:

$$p_1 = -522640;\ p_2 = -38680-89840\mathrm{i};\ p_3 = -38680+89840\mathrm{i}.$$

При постоянном значении запаздывания α_0 на входе системы, получим установившуюся ошибку $\Delta\tau_{0\,уст} = 0$ [1,4].

Переходная составляющая ошибки системы в состоит из трех компонент:

$\theta(t) = \theta_1(t)+\theta_2(t)+\theta_3(t) = \theta_1(t)+\theta_{23}(t)$, где $\theta_1(t) = A_1 e^{p_1 t} = 0{,}0395e^{-522640t}$,

$$\theta_{23}(t) = 2\left|A_{2,3}\right| e^{\mathrm{Re}(p_{2,3})t} \cos(\omega_{2,3}t + \varphi_{2,3}) = 2 \cdot 0,578 e^{-38680t} \cos(89840t + 0,5901).$$

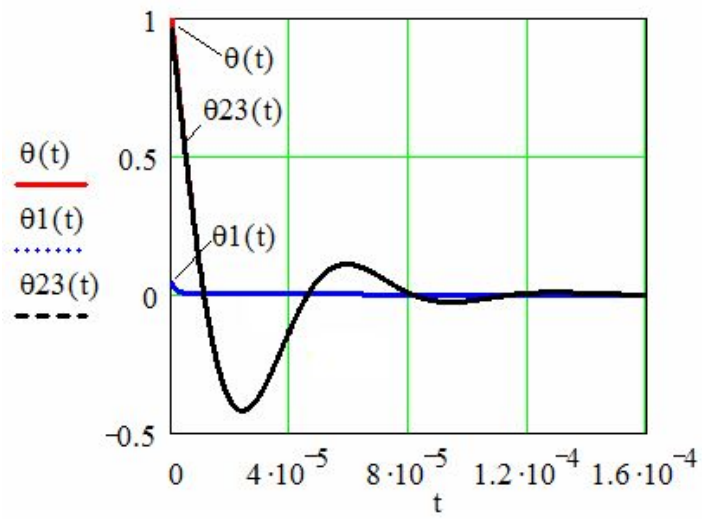


Рис.4. Переходный процесс ошибки корреляционной системы с астатизмом первого порядка

Переходная функция ошибки системы приведена на рис.4. Время установления в системе составляет $t_y = 1,09 \cdot 10^{-5}$ с, имеет четыре полуколебания и коэффициент перерегулирования $\sigma \approx 42\ \%$. Быстродействие системы соответствует времени регулирования $t_p = 1,5 \cdot 10^{-4}$ с.

4.Анализ динамических ошибок корреляционной системы с дифференциальной связью

Структурная схема корреляционной системы выравнивания временных запаздываний с дифференциальной связью приведена на рис.5.

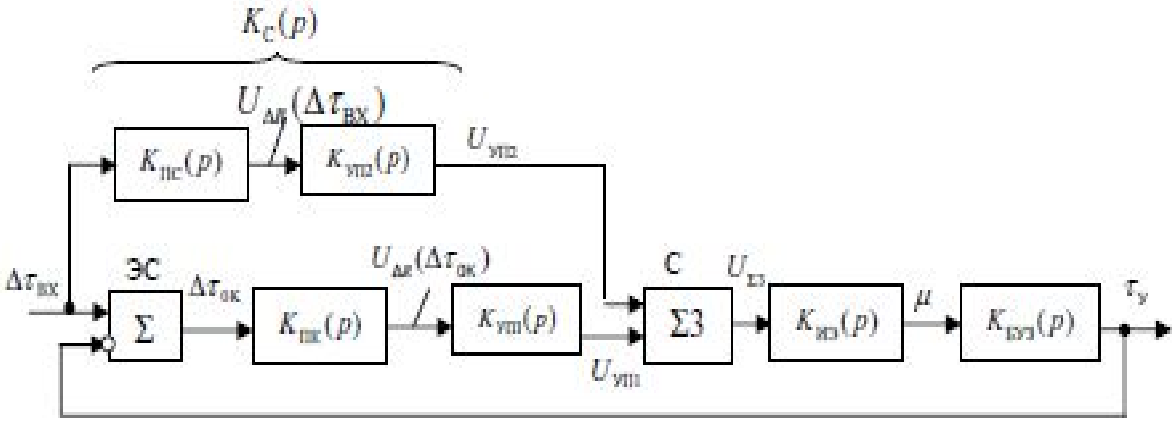


Рис.5. Эквивалентная математическая модель корреляционной системы с дифференциальной связью

Для повышения порядка астатизма системы с первого до третьего, дифференциальная связь $K_{УП2}(p)$, должна иметь следующий вид передаточной функции [2,4]

$$K_{УП2}(p)=\frac{\tau_0 p^2+\tau_1 p^1}{(T_{1C}p+1)(T_{2C}p+1)}=\frac{k(T_1p+1)p}{(T_{1C}p+1)(T_{2C}p+1)}=k\frac{T_1p+1}{T_{1C}p+1}\frac{p}{T_{2C}p+1}, \qquad (8)$$

где $\tau_0=25{,}25\cdot10^{-9}$; $\tau_1=0{,}002$; $T_{1C}=5\cdot10^{-7}$; $T_{2C}=1{,}25\cdot10^{-7}$; $k=\tau_1=0{,}002$; $T_1=\frac{\tau_0}{\tau_1}=1{,}2625\cdot10^{-5}$.

Физически, введенная дифференциальная связь $K_{УП2}(p)$ реализуется в виде последовательно соединенных фазоопережающего дифференцирующего и реального дифференцирующего контуров, с постоянными времени T_1, T_{1C}, T_{2C}, а также усилителя, с коэффициентом усиления k.

Передаточная функция системы по ошибке с введенной дифференциальной связью и астатизмом третьего порядка, имеет вид

$$K_{\Delta\tau_0}(p)=\frac{a_0p^5+a_1p^4+a_2p^3}{b_0p^5+b_1p^4+b_2p^3+b_3p^2+b_4p+b_5}=\frac{D_{\Delta\tau_0}(p)}{F_{\Delta\tau_0}(p)}, \qquad (9)$$

$a_0=b_0=1{,}25\cdot10^{-24}$; $a_1=b_1=1{,}325\cdot10^{-17}$; $a_2=b_2=2{,}756\cdot10^{-11}$; $b_3=1{,}263\cdot10^{-5}$; $b_4=1{,}0625$; $b_5=k_р=100000$.

При изменении задающего воздействия по постоянному, линейному, квадратичному законам $\Delta\tau_{ВХ}=\alpha_0+\alpha_1t+\alpha_2t^2$ установившиеся динамические ошибки корреляционной системы с дифференциальной связью равны нулю, так как

$$\lim_{t\to\infty}\Delta\tau_0(t)=\lim_{p\to0}p\frac{a_0p^5+a_1p^4+a_2p^3}{b_0p^5+b_1p^4+b_2p^3+b_3p^2+b_4p+b_5}\left[\frac{\alpha_0}{p}+\frac{\alpha_1}{p^2}+\frac{\alpha_2}{p^3}\right]=0. \qquad (10)$$

При изменении задающего воздействия по кубическому закону $\Delta\tau_{ВХ}=\alpha_0+\alpha_1t+\alpha_2t^2+\alpha_3t^3$, корреляционная система с дифференциальной связью имеет постоянную установившуюся динамическую ошибку по третьей производной задающего воздействия

$$\lim_{t\to\infty}\Delta\tau_0(t)=\lim_{p\to0}p\frac{a_0p^5+a_1p^4+a_2p^3}{b_0p^5+b_1p^4+b_2p^3+b_3p^2+b_4p+b_5}\left[\frac{\alpha_0}{p}+\frac{\alpha_1}{p^2}+\frac{\alpha_2}{p^3}+\frac{\alpha_3}{p^4}\right]=\frac{a_2}{b_5}\alpha_3=\frac{1}{k_р}\alpha_3. \qquad (11)$$

При изменении задающего воздействия по закону четвертой степени установившаяся динамическая ошибка системы будет увеличиваться по линейному закону.

$$\lim_{t\to\infty}\Delta\tau_0(t)=\lim_{p\to0}p\frac{a_0p^5+a_1p^4+a_2p^3}{b_0p^5+b_1p^4+b_2p^3+b_3p^2+b_4p+b_5}\left[\frac{\alpha_0}{p}+\frac{\alpha_1}{p^2}+\frac{\alpha_2}{p^3}+\frac{\alpha_3}{p^4}+\frac{\alpha_4}{p^5}\right]=\frac{a_2}{b_5}\frac{\alpha_4}{p}=\frac{1}{k_р}\frac{\alpha_4}{p} \qquad (12)$$

Корни характеристического многочлена системы $F_{\Delta\tau_0}(p)$ равны: $p_1 = -\ 522640$; $p_2 = -\ 38680–89840\mathrm{i}$; $p_3 = -\ 38680+89840\mathrm{i}$; $p_4 = -\ 2000000$; $p_5 = -\ 8000000$.

Переходная составляющая ошибки системы состоит из пяти компонент:

$$\theta(t) = \theta_1(t) + \theta_{23}(t) + \theta_4(t) + \theta_5(t),$$

где $\theta_1(t) = A_1 \mathrm{e}^{p_1 t} = 1,713\mathrm{e}^{-522640t}$,

$$\theta_{23}(t) = 2\left|A_{2,3}\right| \mathrm{e}^{\mathrm{Re}(p_{2,3})t} \cos(\omega_{2,3}t + \varphi_{2,3}) = 2 \cdot 0,1498\mathrm{e}^{-38680t} \cos(89840t - 0,9545),$$

$$\theta_4(t) = A_4 \mathrm{e}^{p_4 t} = -0,56775\mathrm{e}^{-2000000t},\ \theta_5(t) = A_5 \mathrm{e}^{p_5 t} = 0,0281\mathrm{e}^{-8000000t}.$$

Переходный процесс системы с введенной дифференциальной связью по ошибке системы $\Delta\tau_0 = \theta_д(t)$ показан на рис.6. Общее быстродействие системы по времени регулирования не изменилось и составляет $t_р = 1,5 \cdot 10^{-4}$ с, сохранилось также четыре полуволны колебания до окончания переходного процесса.

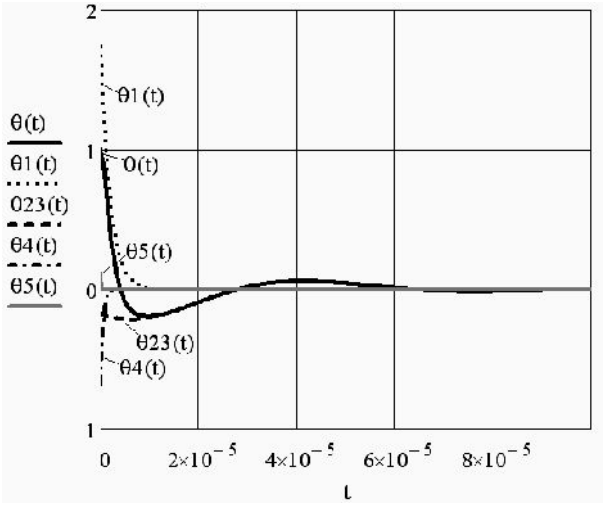


Рис.6. Переходный процесс корреляционной системы с дифференциальной связью

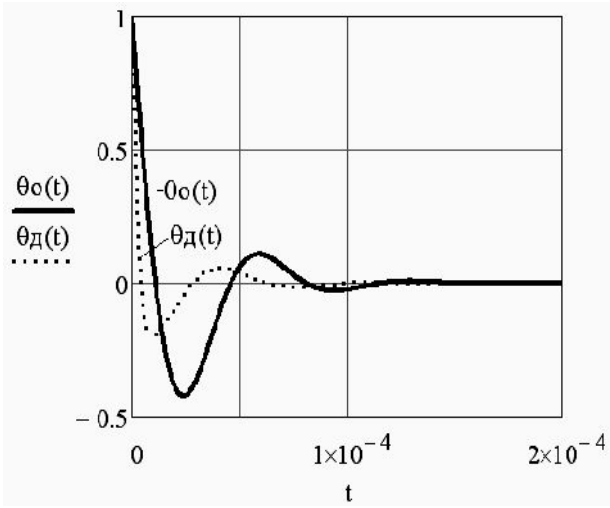


Рис.7. Сравнение переходных процессов обычной корреляционной системы θo(t) и с дифференциальной связью θд(t)

Переходный процесс системы с дифференциальной связью улучшился по времени установления в 1,4 раза (рис.7) и составил $t_у = 7,65 \cdot 10^{-6}$ с. Также уменьшилось в 2,2 раза перерегулирование переходного процесса и составляет $\sigma \approx 19\ \%$.

Заключение

В результате проведенного в работе исследования установлено, что корреляционная СЭУ является системой с астатизмом первого порядка и имеет постоянную динамическую ошибку при изменении скорости задающего воздействия, а также при входном воздействии имеющим ускорение – линейно возрастающую ошибку.

При повышении порядка астатизма системы с первого до третьего, увеличилась ее динамическая точность – система имеет нулевую установившуюся динамическую ошибку на задающее воздействии изменяющееся по квадратичному закону, постоянную ошибку на задающее воздействии изменяющееся по кубическому закону, имеет линейно растущую динамическую ошибку на задающее воздействие изменяющееся по закону полинома четвертой степени.

Повышение порядка астатизма системы, введением дифференциальной связи, не ухудшает быстродействие переходного процесса системы, улучшая его характер снижением перерегулирования и уменьшением времени установления. В рассмотренном примере время установления переходного процесса сократилось в 1,4 раза, уменьшилось перерегулирование до $\sigma \approx 19\,\%$ т.е. в 2,2 раза.

Библиографический список

1. Арсеньев Г.Н., Войнов И.Д., Шалаби Н. Синтез структуры фазовой квадратурной синхронизации радиотехнических систем и комплексов.// Информационно-измерительные и управляющие системы №2, т.13, 2015.

2. Арсеньев Г.Н., Зайцев Г.Ф. Радиоавтоматика: Учеб. для вузов по направлению «Радиотехника». В 2-х ч. Ч.I: Теория линейных непрерывных систем автоматического управления РЭС. − М.: Радиотехника. 2008. − 480 с.

3. Арсеньев Г.Н., Зайцев Г.Ф. Радиоавтоматика: Учеб. для вузов по направлению «Радиотехника». В 2-х ч. Ч.II: Теория дискретных и оптимальных систем автоматического управления РЭС. − М.: Радиотехника. 2008. − 480 с.

4. Арсеньев Г.Н., Зайцев Г.Ф., Замуруев С.Н. Корреляционные системы. Повышение точности и быстродействия. − Саарбюкен: Palmarium Academic Publishing, 2013. – 129 с.

5. Перов А.И., Замолодчиков В.Н., Чиликин В.М. Радиоавтоматика. − М.: Радиотехника, 2014. − 319 с.

6. Behzad Razavi Monolithic Phase-Locked Loops and Clock Recovery Circuits: Theory and Design // Wiley-IEEE Press. − 1996. − 508 p.

УДК 537.8

ВЫСШИЕ ТИПЫ ВОЛН В ЛИНИИ ГУБО

Кузьмина Е.А., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

1.Введение

В настоящей работе изучаются поверхностные волны, распространяющиеся в бесконечном круговом металлическом проводнике, покрытом концентрическим слоем диэлектрика – линии Губо. Рассматриваются краевые задачи Штурма-Лиувилля, к которым сводятся исходные задачи на собственные значения для уравнений Максвелла, проводится систематический анализ многопараметрических дисперсионных уравнений, описывающих спектр нормальных волн высших типов и на этой основе исследуются свойства нормальных волн.

Исследованиям волн в открытых металло-диэлектрических волноводах, простейшим из которых является линия Губо (ЛГ) [1,2] посвящено большое количество работ. В [2] изучены некоторые аспекты теории поверхностных волн. Обзор линий передач типа ЛГ и резюме ранних результатов по исследованиям линий Зоммерфельда и Хармса-Губо представлены в [3]. Математические и численные исследования спектра мод в ЛГ проводятся например в [4-6]. Обширный список ссылок на последние результаты можно найти в [7,8], разнообразные приложения ЛГ и волноводных устройств на их основе рассматриваются в [9,10]. Однако до сих пор свойства спектра волн в таких волноводах, и, в частности, в ЛГ вызывают значительный научный интерес. Это связано с тем, что до последнего времени не был проведен исчерпывающий математический анализ соответствующих краевых задач на собственные значения и дисперсионных уравнений, описывающих спектр собственных волн. Последние фундаментальные результаты математической теории распространения волн в металло-диэлектрических волноводах [11,12], а также методы, предложенные и обоснованные в [13,14], открывают новые возможности для исследования высших типов волн в линии Губо, которым и посвящена настоящая работа.

2.Поверхностные волны линии Губо, задача Штурма-Лиувилля

Проанализируем распространение симметричных собственных волн в ЛГ, в которой a и b, $b > a$ - радиусы внутреннего (идеально проводящего) и внешнего (диэлектрического) цилиндров (рис.1), и докажем их существование.

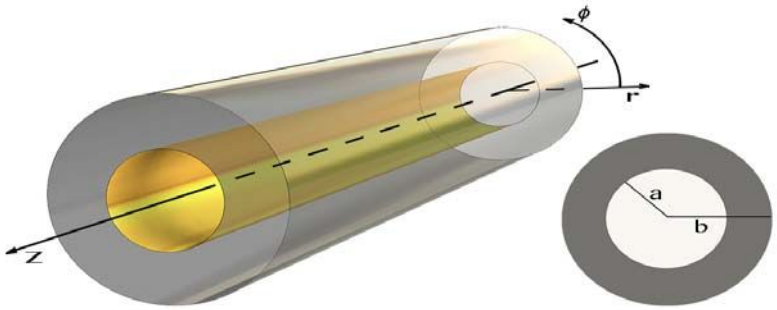


Рис.1. Линия Губо в разрезе

Продольное волновое число k_s симметричных волн определяется как

$$k_s^2 = \begin{cases} k_0^2 - \beta^2, r > b \\ \epsilon k_0^2 - \beta^2, a < r < b \end{cases}$$

Здесь β – постоянная распространения волны, $\epsilon > 1$ – относительная диэлектрическая проницаемость однородного диэлектрика, а k_0 – волновое число свободного пространства. В постановке задачи мы исходим из однородных уравнений Максвелла, которые описывают распространение электромагнитных волн вдоль ЛГ. Ищутся решения в виде симметричных азимутально-независимых волн с ненулевыми компонентами

$$H = [0, H_2(r,z), 0], \quad E = [E_1(r,z), 0, E_3(r,z)],$$
$$E_1 = E_r = -\frac{i\beta}{k_s^2}\frac{d\phi}{dr}e^{-i\beta z}, \qquad (1.1)$$
$$H_2 = H_\theta = -\frac{i\omega\epsilon}{k_s^2}\frac{d\phi}{dr}e^{-i\beta z}, \quad E_3 = E_z = \phi(r)e^{-i\beta z},$$

где $\phi(r)$ – цилиндрическая функция:

$$\mathcal{L}\phi \equiv \frac{1}{r}\frac{d\phi}{dr}\left(r\frac{d\phi}{dr}\right) + k_s^2\phi = 0.$$

Определение собственных волн (1.1) сводится к сингулярной задаче Штурма-Лиувилля на полупрямой с разрывными (кусочно-постоянными) коэффициентами и условиями на бесконечности, описывающими поверхностные волны

$$\mathcal{L}\phi = 0, \quad r > a, \quad \phi(a) = 0, \quad [\phi]|_{r=b} = \left[\epsilon\frac{d\phi}{dr}\right]\Big|_{r=b} = 0,$$
$$\varphi(r) \to 0, r \to \infty, \qquad (1.2)$$

$$\phi \in C^1[a, +\infty) \cap C^2(a,b) \cap C^2(b, +\infty), \qquad (1.3)$$

(1.2) и (1.3) сводятся к задаче на собственные значения Штурма-Лиувилля на интервале (a,b), в которой граничные операторы зависят от спектраль-

ного параметра γ:

$$L\phi = 0,\ a < r < b,\ \varphi(0) = 0,\ \varphi'(b) - \alpha_2(\gamma)\varphi(b) = 0, \quad (1.4)$$

$$\alpha_2(\gamma) = k_{s3}\frac{K_1(ak_{s3})}{K_0(ak_{s3})},\ \phi \in C^1[a,b] \cap C^2(a,b),\ (b > a > 0), \quad (1.5)$$

где

$$\gamma = \frac{\beta}{k_0},\ x = k_0 a\sqrt{\epsilon - \gamma^2},\ u = k_0 a\sqrt{\epsilon - 1},\ s = \frac{b}{a} > 1. \quad (1.6)$$

Функции в (1.5), описывающие эту зависимость, определяются (как вещественные функции вещественной переменной γ или $\lambda = \gamma^2$) на некотором интервале I. Результаты классической теории Штурма-Лиувилля, касающиеся существования и распределения (вещественного) спектра, в данном случае не применимы, так как необходимо в частности доказать существование и изучить распределение корней соответствующих дисперсионных уравнений (ДУ).

Для поверхностных волн потенциальная функция $\phi(r)$ может быть представлена в соответствии с условиями на бесконечности для ЛГ как

$$\phi(r) = \begin{cases} AK_0\left(\frac{r}{a}\sqrt{u^2 - x^2}\right), & r > b \\ \frac{B}{Y_0(x)}\left(J_0\left(\frac{r}{a}x\right)Y_0(x) - Y_0\left(\frac{r}{a}x\right)J_0(x)\right), & a < r < b \end{cases}, \quad (1.7)$$

где $J_k(x)$, $Y_k(x)$ и $K_k(x)$ обозначаются, соответственно, функции Бесселя, Неймана и Макдональда порядков $k = 0,1$. Применяя к (1.7) условия непрерывности на границе раздела диэлектрика, можно показать, что ДУ поверхностных волн в ЛГ допускает представление

$$F_G(x,u,s) \equiv G_g(x,u,s) - F_g(x,s) = 0.$$

где

$$G_g(x,u,s) = \epsilon\sqrt{u^2 - x^2}\frac{K_0\left(s\sqrt{u^2 - x^2}\right)}{K_1\left(s\sqrt{u^2 - x^2}\right)}, F_g(x,s) = x\frac{\Phi_1(x,s)}{\Phi_2(x,s)},$$

$$\Phi_1(x,s) = J_0(sx)Y_0(x) - J_0(x)Y_0(sx),$$

$$\Phi_2(x,s) = J_0(x)Y_1(sx) - J_1(sx)Y_0(x).$$

3.Заключение

Полученные результаты выявили, что поверхностные волны высшего порядка в ЛГ существуют для сколь угодно тонкого диэлектрического покрытия, с условием $u = k_0 a\sqrt{\epsilon - 1} > h_m^0(s)$, если размер поперечного сечения достаточно велик и $h_m^0(s)$ m-ый корень функции

$$\Phi_1(x,s) \equiv J_0(sx)Y_0(x) - J_0(x)Y_0(sx).$$

Основная поверхностная волна ЛГ существует для всех положительных u и s. Потенциальная функция не имеет осцилляций внутри слоя, а продольные волновые числа мод высшего порядка могут быть рассчитаны путем численного решения задачи Коши, полученного методом дифференциации по параметру. В заключение отметим, что для каждой собственной функции найдется свое собственное значение, и при этом только одно (рис.2). Откуда следует, что собственные функции $\varphi_n(r)$ имеют ровно n нулей на интервале (a, b).

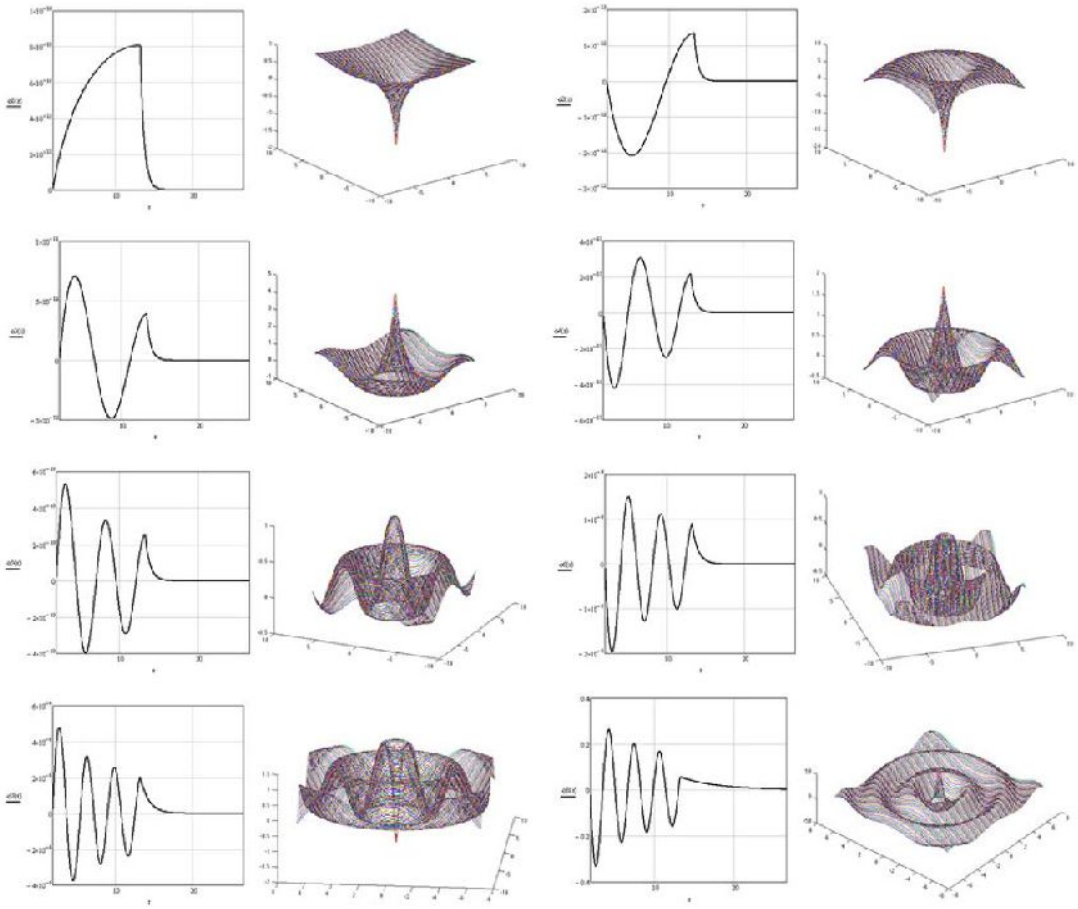


Рис.2. Потенциальная функция $\phi_n(r)$ для первого и высшего порядка волн линии Губо вычисленные для различных значений параметра $n = 0,1,\ldots,7$ для $a = 2, b = 13.23$ и $\epsilon = 5$

Библиографический список

1. Sommerfeld A., On the propagation of electrodynamic waves along the wire// Ann. Physik, Vol. 67, 673–682, 1899.

2. Goubau G., Surface waves and their application to transmission lines// J. Appl. Phys., Vol. 21, 1119–1128, 1950.

3. Harms F., Elektromagnetische Wellen an einem Draht mit Isolierender Zylindrischer Huelle// Ann. der Phys., vol. 23, pp. 44-60, 1907.

4. Rao T., Hamid M., Mode Spectrum of the Modified Goubau Line"// Proc. IEE, vol. 126, pp. 1127-1232, 1979.

5. Fikioris J.G., Roumeliotis J.A., Cutoff Wavenumbers of Goubau Lines// Microwave Theory and Techniques, IEEE Transactions, vol. 27, pp. 570–573 (1979).

6. Sherman G., Hennessy C., Complex TM models in a generalized Goubau line with arbitrary conductivities, Antennas and Propagation// IEEE Transactions, Volume: 31, Issue: 4, pp. 553–562, 1983.

7. Mode Bifurcation and Fold Points of Complex Dispersion Curves for the Metamaterial Goubau Line/ P.L. Overfelt, K. Halterman, S. Feng, D.R. Bowling// arXiv: 0909-0535v1, 2009.

8. Rao T., Hamid M., Mode Spectrum of the Modified Goubau Line// Proc. IEE, vol. 126, pp. 1127-1232, 2005.

9. Stulle F., Bergoz J., The Goubau line — surface waves for bench testing of beam instrumentation at high frequencies// Proc. BIW2012, Newport News, VA USA, pp. 146-148, 2011.

10. Fleury R., Alú A., Cloaking and invisibility: A review// FERMAT, 2014.

11. Shestopalov Y., Smirnov Y., Eigenwaves in Waveguides with Dielectric Inclusions: Completeness// Applicable Analysis, p. 22, 2013.

12. Shestopalov Y., Smirnov Y., Eigenwaves in Waveguides with Dielectric Inclusions: Spectrum// Applicable Analysis, vol. 93, pp. 408-427, 2014.

13. Shestopalov Y., Kuzmina E., and Samokhin A., On a Mathematical Theory of Open Metal-Dielectric Waveguides// Forum for Electromagnetic Research Methods and Application Technologies (FERMAT), Vol. 5, Sept-Oct. 2014.

14. Shestopalov Y., Smirnov Y., Kuzmina E., Mathematical Aspects of the Theory of Wave Propagation in Metal-Dielectric Waveguides// Proc. XXXI General Assembly of the International Union of Radio Science (URSI GASS 2014), Beijing, China, August 16–23, 2014.

УДК 519.6

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ САМООРГАНИЗАЦИИ СТРУКТУР СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

Барышников А.А., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Математическое моделирование процессов самоорганизации сложных систем в настоящее время является одним из передовых направлений

развития не только представлений об общих законах образования природных структур, но и представляет существенную информацию для разработки новых технологий.

Процессы самоорганизации, то есть возникновения сложных упорядоченных структур из более простых, обнаруживаются в объектах самой разнообразной природы: биологических, химических, социальных и др. Поэтому исследование таких процессов является перспективным направлением современной науки.

На сегодняшний день собран обширный экспериментальный материал по явлениям самоорганизации. Однако механизмы и условия её возникновения зачастую остаются неизвестными. Их исследование путем проведения новых экспериментов или аналитическими методами не всегда возможны в связи с большим количеством элементов и комбинаторными механизмами их взаимодействия.

Одним из эффективных методов проверки гипотез о механизмах самоорганизации сложных динамических систем является имитационное моделирование на вычислительных комплексах. Такой подход к исследованию процессов самоорганизации позволяет использовать различные модели и схемы взаимодействия элементов, учитывать влияние внешних условий [1].

Для адекватного моделирования процессов самоорганизации часто требуется рассчитывать взаимодействие большого количества элементов. Однако возможности современных персональных компьютеров значительно лимитируют количество элементов используемых при моделировании, а использования суперкомпьютеров не всегда доступно.

Так, в численных экспериментах молекулярной динамики моделирование свойств ионных систем [2] возможно проводить для нескольких сотен частиц в основном кубе. В тех случаях, когда снижение количества элементов в модели недопустимо, для ускорения процесса вычисления используются определенные допущения о характере взаимодействия между элементами. Например, расчет сил взаимодействия между элементами ограничивается определенным расстоянием или количеством элементов, используются специальные процедуры для вычисления равнодействующих сил, применяются потенциалы взаимодействия [3] для моделирования условий среды.

Проблема лимитирования вычислительных мощностей эффективно решается уже на уровне персональных компьютеров и ноутбуков разработанным программным комплексом, реализованном на основе систем распределенных вычислений и расчетом на графических процессорах (GPU).

Применение программно-аппаратного комплекса для параллельных вычислений на графических процессорах видеокарт существенно увеличивает производительность вычислительных систем. Однако, использование технологии вычислений на GPU возможно только на определенных ви-

деокартах, что часто требует модификации текущего парка вычислительных устройств. Также для корректной работы подобного программного комплекса необходимо четко знать ограничения и возможности этой технологии. Например, требуется учитывать количество ядер графического процессора и максимальный разрешенный объем памяти для эффективного распределения задач между ядрами при параллельных вычислениях.

Программный комплекс имеет модульную структуру[5]. В модулях реализованы следующие функциональные возможности: описание моделей и схем взаимодействия элементов; диспетчеризация и планирование задач пользователя; визуализация результатов моделирования в трехмерной перспективе; использование технологии CUDA в вычислительном процессе.

На разработанном программном комплексе были смоделированы процессы самоорганизации физических объектов по механизмам «порядок из хаоса». Объектами моделирования были выбраны процессы кластеризации. В модельном эксперименте за основу взяты классические законы физики:

$\vec{F}_{тяг}(r) = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$ - закон всемирного тяготения

$\vec{F} = m\vec{a}$ - второй закон Ньютона

$F_{отт}(r) = G\frac{m_1 m_2}{r^2}(r - l)$ - сила отталкивания, при $r<l$

$\vec{F}_c = -6\pi r\eta v$ - сила Стокса, где v- скорость частицы

Отсутствие лимитирования по мощностям позволяет учитывать взаимодействие каждого элемента рассматриваемой системы с каждым. Такой подход не требует использования потенциалов, штрафных функций и других допущений о характере взаимодействия частиц.

Моделирование проводилось при исходном числе элементов равном 27000 время расчета составляет 10 секунд на итерацию; для 125000 элементов время расчета составляет 3,5 минуты на итерацию. В начальный момент времени распределение частиц было случайным в заданной области В процессе моделирование элементы частиц под действием сил начали группироваться в некоторые структуры. В конце моделирования частицы собрались в однородную сферическую структуру.

Разработанный программный комплекс предоставляет средства разработки моделей взаимодействия большого количества частиц. Моделиро-

вание процессов кластеризации проводилось для 10^5-10^6 элементов. Возможности программного комплекса позволяют реализовать различные формы взаимодействия частиц, определять широкий набор параметров и условий проведения моделирования.

Библиографический список

1. Иванов В.А., Рабинович А.Л., Хохлов А.Р. Методы компьютерного моделирования для исследования полимеров и биополимеров. - Москва, Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. — 585 с.

2. Белащенко Д.К. Компьютерное моделирование некристаллических веществ методом молекулярной динамики // Соросовский образовательный журнал, 2001, №8, с. 44-50

3. Кузьмин В.И., Гадзаов А.Ф., Тытик Д.Л., Белащенко Д.К., Сириенко А.Н. Методы разделения быстрых и медленных движений атомов, как основа динамической структуры наночастиц. Российский нанотехнологии, т. 4, № 11-12, 2010, www.nanorf.ru, стр. 58-63.

4. Федотов И.Е. Модели параллельного программирования. - Москва, Солон-пресс, 2013, ISBN: 978-5-91359-102-9.

5. Барышников А.А. Имитационное моделирование процессов самоорганизации сложных динамических систем. Естественные и технические науки, М.: 2014, №2, с. 235-238.

УДК 621.396

МОНИТОРИНГ ЗАДАННОЙ ОБЛАСТИ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ С ПОМОЩЬЮ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ РЛС С РЕЖИМОМ СИНТЕЗИРОВАНИЯ АПЕРТУРЫ

[1, 2] Татарский Б.Г., [2]МайстренкоЕ.В., [1]ЯсенцевД.А.,
[1]Московский Авиационный Институт,
[2]Центр АО «Концерн радиостроения «Вега», Москва, Россия

Введение

Известно, что процедура синтеза апертуры антенны, как один из методов пространственно-временной обработки радиолокационных сигналов, применяется в целях получения большей информации о зондируемой области пространства.

На сегодняшний день в процессе формирования искусственной апер-

туры антенны чаще всего используется перемещение фазового центра реальной антенны (ФЦА) по прямолинейной траектории [1]. В то же время, в литературе рассматриваются и другие варианты перемещения ФЦА, а именно, вращательное и комбинированное – поступательно- вращательное перемещение [2,3]. Несмотря на то, что в [4] указывается на возможность прямого синтеза апертуры при любом варианте перемещения ФЦ антенны, на сегодняшний день главным образом, рассматриваются процессы синтеза искусственной апертуры в предположении, что ФЦА перемещается вследствие движения носителя бортовой радиолокационной системы (БРЛС).

В настоящей статье рассматривается возможность процесса прямого синтеза апертуры антенны при фиксированном расположении приемо-передающих модулей (ППМ) распределенной радиолокационной системы и электронном управлении их режимами излучения и приема сигналов.

1. Постановка задачи

Будем полагать, что мониторинг заданной области поверхности земли осуществляется с помощью распределенной РЛС, которая состоит из совокупности приемо-передающих (ПРМ-ПРД) модулей, разнесенных в пространстве, системы обработки принимаемых сигналов, системы синхронизации и управления. ПРМ-ПРД модули располагаются от центра области мониторинга на одинаковом удалении. Точки расположения модулей образуют геометрическое место точек, называемое линией равных расстояний. Требуется, за счет поочередного включения модулей в режим излучения и приема, имитируя движение ФЦА, обеспечить получение радиолокационного изображения (РЛИ) поверхности земли, располагаемой внутри окружности, соответствующей линии равных расстояний. При этом считается, что главный луч антенной системы ПРМ-ПРД модуля является слабонаправленным и ориентирован в центр зондируемой площадки.

2. Алгоритм формирования изображения

Первоначально будем полагать, что процесс синтеза апертуры совершается при непрерывном перемещении ФЦ по окружности с радиусом, соответствующим линии равных расстояний. В этой ситуации формирование РЛИ возможно при использовании двух подходов.

Первый основан на традиционной процедуре синтеза, когда ГЛ антенны отклонен под углом 90° относительно линии перемещения ФЦ, который движется с постоянной скоростью. При этом линия перемещения ФЦ сворачивается в окружность. При когерентной обработке принимаемо-

го сигнала и, считая высоту установки ПРМ-ПРД модуля, равную нулю, имеем синтезированную апертуру, равную $L_c = 2\pi R$, где R – расстояние до центра просматриваемой области земной поверхности, а линейное разрешение по азимуту:

$$\partial l_{аз} = \frac{\lambda \cdot R}{2 \cdot L_c} = \frac{\lambda}{4\pi}. \quad (1)$$

При втором подходе, считаем, что ФЦА перемещается по окружности радиуса R, центр которой располагается в центре зондируемой площадки. Тогда с учетом результатов, представленных в [2,3], имеем:

$$\partial l_{аз} = \frac{2.3}{\pi} \cdot \frac{\lambda D}{4R} = \frac{2.3\lambda}{4\pi}. \quad (2)$$

Как видно из (1) и (2), существует возможность получения РЛИ земной поверхности с высокой детализацией, которая, в свою очередь, зависит только от несущей частоты сигнала.

При ограниченном количестве ПРМ-ПРД модулей наблюдаемые сигналы существуют в дискретные моменты времени, но за счет известного положения модулей формирование эталонного сигнала для каждого модуля распределенной системы можно осуществить непрерывно и учитывать изменение сигнала в соответствии с известным положением модуля на окружности.

Опираясь на данный подход, было проведено математическое моделирование когерентной обработки принимаемого сигнала при последовательном включении ПРМ-ПРД модулей (ППМ) для различных объектов наблюдения. Результаты моделирования приведены на рис. 1-7.

3. Имитационное моделирование алгоритма обработки

С учетом того, что дальность до цели и радиус имитируемой круговой траектории перемещения ФЦА совпадают, возникает особенность представленного алгоритма системы обработки. Как и в случае действительного перемещения ФЦА по круговой траектории и малой дальности до цели обеспечивается высокое разрешение по обеим координатам в картинной плоскости. Это наглядно показано на рис. 1, где представлен отклик обработки сигнала наблюдения от точечной цели, расположенной в центре зоны обзора. Это означает, что необходимость введения дополнительной внутриимпульсной модуляции с целью улучшения разрешения по второй координате отсутствует.

Для демонстрации работоспособности алгоритма обработки сигналов в распределенной РЛС было смоделировано изображение объекта с линейными размерами 2х5м (рис. 2). Это изображение сформировано при

заданных отношении сигнал/шум 15 дБ и отношении сигнал/фон 25 дБ (равномерное распределение).

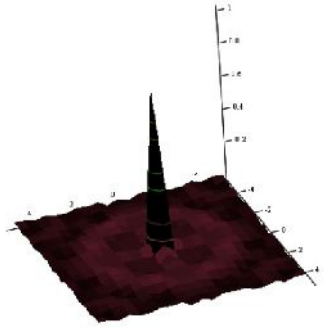


Рис. 1. Отклик оптимальной обработки импульсного т раекторного сигнала

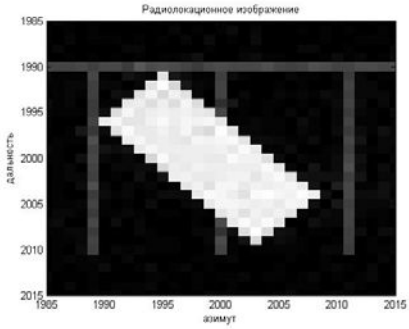


Рис. 2. РЛИ фрагмента зоны облучения 30х30 э.р.

При наличии информации от оптических датчиков о цвете объекта зондирования есть возможность форматирования получаемого РЛИ в формат визуального изображения (рис. 3). Рис. 4 иллюстрирует изображение нескольких объектов в окрестности центра зоны облучения.

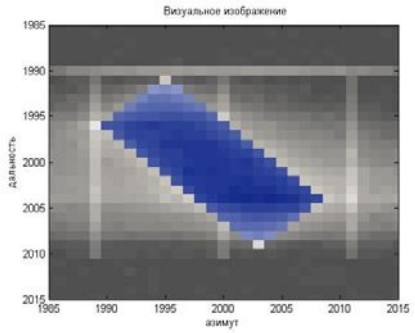


Рис. 3. Форматированное РЛИ, микроплан.

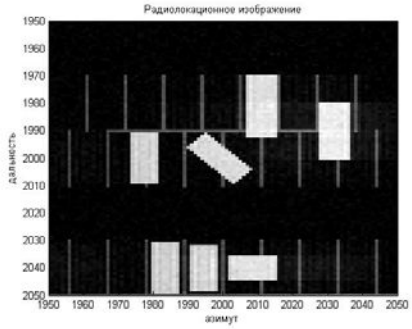


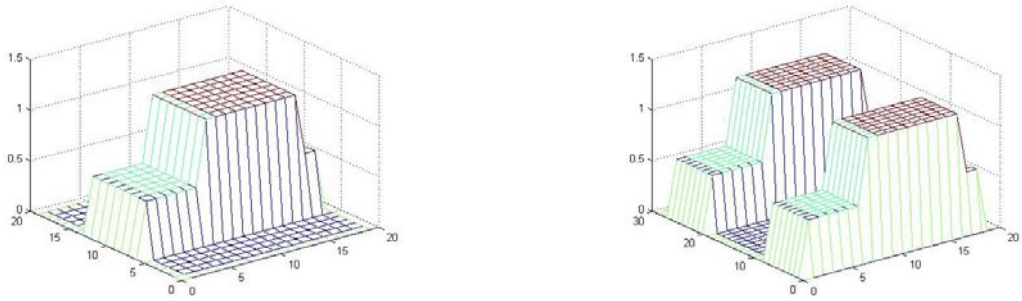
Рис. 4. РЛИ фрагмента зоны облучения 100х100 э.р.

Как можно видеть на полученных РЛИ, отчетливо различимы объекты с линейными размерами 3-5 м.

4. Формирование трехмерного представления зондируемой области

Более информативным наблюдение данной области будет в случае, когда осуществляется обработка с учетом интерферометрического измерения разности фаз сигналов, принимаемых в тех же точках расположения ППМ, но с отличием по высоте [5], формируя при этом трехмерное радиолокационное изображение заданной области пространства. В данной ситу-

ации обеспечивается повышение информативности системы мониторинга путем удвоения числа ППМ. При этом достаточным базовым расстоянием h между элементами будет $0.5h_ц$ т.е. половина средней высоты предполагаемых объектов зондирования. Фрагмент подобного изображения, как результат имитационного моделирования в среде MATLAB, представлен на рис. 5, где изображены один (рис. 5,а) и два (рис. 5,б)) неподвижных объекта, расположенных в окрестности центра зоны облучения.



а) б)

Рис. 5. Трехмерное радиолокационное изображение

Элемент разрешения в картинной плоскости соответствует двумерным РЛИ, приведенным на рис. 2 и 4.

Заключение

Из представленных результатов следует, что осуществить мониторинг заданной области можно путем последовательного электронного переключения фиксировано расположенных ППМ и когерентной обработки получаемых от них сигналов при условии априорного знания размещения ППМ. Получаемые при указанном подходе двух и трехмерные РЛИ не уступают по информативности существующим системам наземного мониторинга ИК и оптического диапазонов.

Библиографический список

1. Дудник П. И., Герасимов А.А., Ильчук А.Р., Кондратенков Г.С., Татарский Б.Г., Авиационные радиолокационные комплексы и системы: учебник для слушателей и курсантов ВУЗов ВВС. Под ред. П.И. Дудника – Москва, изд-во «ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского», 2006 год.

2. Татарский Б.Г., Ясенцев Д.А. Анализ особенностей формирования и обработки траекторного сигнала в РЛС с синтезированием апертуры при вращении ее фазового центра. – Информационно-измерительные и

управляющие системы, 2008, № 9, т. 6, с. 3.

3. Татарский Б.Г., Жуков М.Н., Ясенцев Д.А. Разрешающая способность РЛС с синтезированием апертуры при различных способах перемещения фазового центра антенны. – Информационно-измерительные и управляющие системы, 2009, № 8, т. 7, с. 22.

4. Кондратенков Г.С., Фролов А.Ю. Радиовидение. Радиолокационные системы дистанционного зондирования земли. Под редакцией Г.С. Кондратенкова – Москва, изд-во «Радиотехника», 2005 год.

5. Денисов В.П., Дубинин Д.В. Фазовые радиопеленгаторы. – Москва, изд-во «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники», 2002 год.

УДК 629.7

ОТОЖДЕСТВЛЕНИЕ ТРАСС ВОЗДУШНЫХ ОБЪЕКТОВ ПО ИНФОРМАЦИИ, ПОЛУЧАЕМОЙ ОТ РАЗЛИЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Крауз П.В., Каменков О.М., Федоров С.А.,
ОАО НПК НИЕДАР, Москва, Россия

Задача объединения информации, поступающей от различных источников, решается, как правило, в автоматизированных системах управления. Подобного рода задача возникает также в радиолокационных комплексах, использующих несколько (два, три) диапазона частот одновременно. Такая задача стояла и перед нами. В качестве одного источника информации о воздушных объектах (ВО) использовалась полуактивная РЛС коротковолнового диапазона (КВ), второй источник информации – комплекс АЗН (комплекс автоматического зависимого наблюдения), встроенный в данную РЛС.

В рассматриваемой полуактивной РЛС не предусмотрена возможности управления полем подсвета. Поэтому траектории наблюдаемых воздушных объектов (ВО) в ряде случаев сбрасывались с автосопровождения, с последующей завязкой новых траекторий.

Трассовые характеристики воздушных объектов, получаемые на полуактивной РЛС КВ диапазона, по определению, имеют более низкие точностные характеристики, по сравнению с трассовыми характеристиками других источников информации о воздушных объектах (РЛС сантиметрового и дециметрового диапазонов волн).

Трассовые характеристики комплекса АЗН также обладают высокими точностями, но информация, принятая с борта самолетов принималась

не всей совокупностью воздушных объектов находящихся в зоне обзора РЛС, так как не все воздушные суда оборудованы комплексом АЗН.

С учетом специфики работы полуактивной РЛС КВ диапазона, поставленная перед нами задача (идентификация трасс) решалась следующим образом.

Был разработан ряд программных модулей:

- модуль «Идентификация трасс»,
- модуль «Сброс радиолокационных трасс с сопровождения»,
- модуль «Оценка степени «расхождения» трасс»,
- модуль «Восстановление радиолокационного номера трассы».

Выше перечисленные модули функционировали (в режиме реального времени) последовательно.

Модуль «Идентификация трасс»

Полагается, что в момент времени t_n поступает список $M_{рл}$ воздушных объектов, сопровождаемых радиолокационным каналом. Список содержит номера ВО, присвоенные радиолокационным каналом обнаружения, и совокупность параметров движения по всем ($M_{рл}$) сопровождаемым ВО для текущего момента времени t_n.

Далее производится экстраполяция траекторных параметров, всех ВО, сопровождаемых каналом АЗН, на момент времени t_n. Общее число целей сопровождаемых комплексом АЗН ($M_{азн}$), как правило, отличалось от общего количества целей, сопровождаемых РЛС.

Затем каждая радиолокационная трасса сравнивалась с каждой трассой АЗН.

Под сравнением понимаем расчет функционала:

$$\Delta_{ij} = \sqrt{\left(\frac{\Delta d_{ij}}{d_0}\right)^2 + \left(\frac{\Delta v_{ij}}{v_0}\right)^2 + \left(\frac{\Delta k_{ij}}{k_0}\right)^2}$$

где $\Delta d_{ij}, \Delta v_{ij}, \Delta k_{ij}$ - отличие между i и j ВО по расстоянию, путевой скорости и курсу в момент времени t_n,

i=1,2,… $M_{рл}$,

j=1,2,… $M_{азн}$,

d_0 – размер строба по расстоянию между различными ВО,

v_0 – размер строба по скорости между различными ВО,

k_0 – размер строба по курсу между различными ВО.

В результате выполненных расчетов получаем матрицу чисел Δ_{ij} размером $M_{рл}$ х $M_{азн}$, в соответствующие элементы которой записывается значение рассчитанного функционала Δ_{ij}.

Далее для каждой i-й радиолокационной трассы ищется минимальное значение Δ_{ij}, соответствующее j-й трассе АЗН, сравнивается с пороговым

значением ($\Delta_{пор}$)и в случае выполнения условия $\Delta_{ijmin} \leq \Delta_{пор}$ принимается решение об идентификации *i*-й и *j*-й трасс.

Процедура анализа матрицы Δ_{ij} повторяется для всех возможных комбинаций параметров *i*и *j*, то есть каждая радиолокационная трасса сравнивается с каждой трассой, сопровождаемой комплексом АЗН.

Если условие $\Delta_{ijmin} \leq \Delta_{пор}$ не выполняется, то считается, что *i* и *j*-трассы не идентифицированы на данном такте работы модуля «Идентификация трасс».

Для каждого нового такта работы (нового момента времени t_n) процедура идентификации повторяется.

Идентифицированным трассам присваивается два номера: радиолокационный номер и номер ИКАО.

Модуль «Сброса радиолокационных трасс с сопровождения»

По ряду причин, например из-за замирания сигнала подсвета, информация о сопровождаемых РЛС воздушных объектах может исчезнуть.

Для оценки момента «сброса радиолокационной трассы с сопровождения» подсчитывается число тактов работы РЛС, с момента прекращения поступления информации по радиолокационному каналу (N).

При выполнении условия $N \geq N_{пор}$ принимается решение: «радиолокационный канал потерял воздушный объект, ВО сопровождается только каналом АЗН», на выход поступает только информация АЗН. В этом случае из формуляра ВО исчезает радиолокационный номер.

Модуль «Оценка степени «расхождения» трасс».

По различного рода причинам, параметр Δ двух идентифицированных трасс может превышать пороговое значение $\Delta_{пор}$. Это может происходить в момент маневра, при ошибочной идентификации, при увеличении ошибок измерения и т.д.

Для оценки момента превышения Δ порогового значения $\Delta_{пор}$, параметр Δ оценивается по идентифицированным трассам непрерывно и сравнивается с пороговым значением $\Delta_{пор}$.

При выполнении условия $\Delta_{ij} \geq \Delta_{пор}$принимается решение, что траектории с номерами *i* и *j* не соответствуют друг другу и сопровождаются раздельно каналами РЛС и АЗН.

Модуль «Восстановление радиолокационного номера трассы»

Воздушный объект, который ранее сопровождалась двумя каналами (радиолокационным и АЗН) и с течением времени был утерян каналом радиолокационного сопровождения, может быть вновь обнаружен, взят на автосопровождение и идентифицирован со старой трассой АЗН.

Поэтому все вновь возникающие сочетания идентифицированных номеров целей сравниваются с архивом сочетаний «радиолокационный

номер - номер ИКАО», за предыдущий интервал времени порядка часа.

Если номер ИКАО совпадает с каким-либо архивным значением номера ИКАО, то новый радиолокационный номер заменяется на старый, соответствующий номеру ИКАО.

Эта технология была реализована и работает в режиме реального времени. На рис 1 показан пример работы. Цветом и цифрами выделена одна траектория цели на фоне других воздушных объектов. Из рисунка видно, что ранее сопровождаемая радиолокационным каналом цель (участок 1 – синий цвет) была идентифицирована с целью сопровождаемой каналом АЗН (участок 2 – зеленый цвет), затем сброшена с сопровождения радиолокационным каналом (участок 3 – фиолетовый участок) и вновь завязана с последующей идентификацией (участок 4 – зеленый участок). Затем на участке 5 (фиолетовый участок) цель была потеряна радиолокационным каналом и сопровождалась только каналом АЗН.

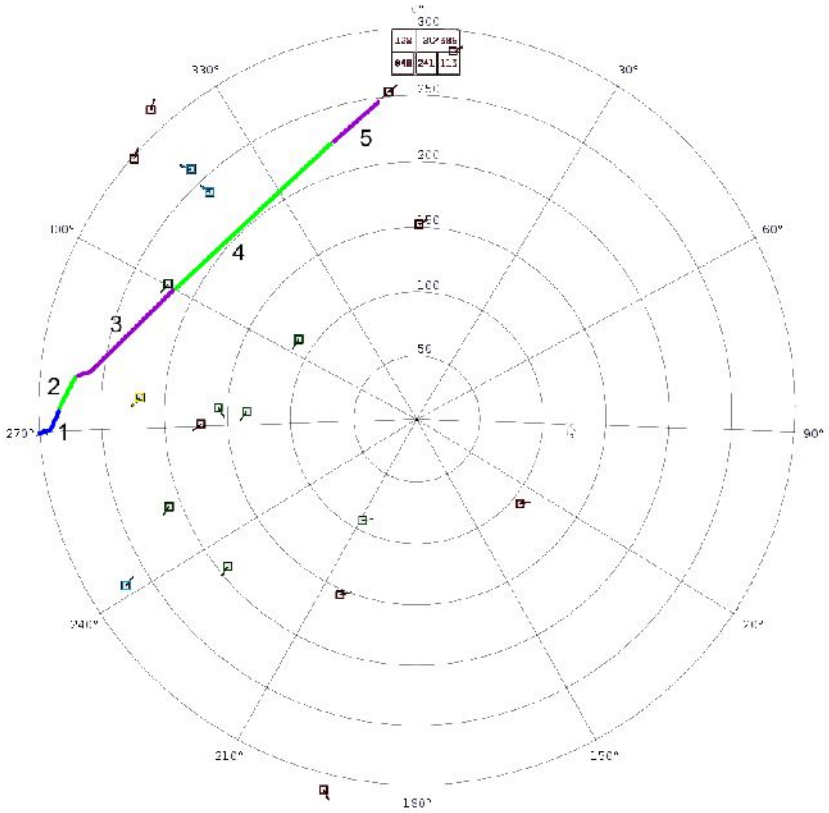


Рис. 1. Пример работы алгоритма

Авторы выражают благодарность доктору технических наук, профессору Ткачеву Г. Н. за постановку данной задачи, творческие дискуссии и помощь в реализации рассматриваемой технологии в одной из полуактивных РЛС КВ диапазона.

СЕКЦИЯ 4. РАДИОФИЗИКА И ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

УДК 519.254, 004.67

ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРОВ РЕЛЯТИВИСТСКОГО ПЛАЗМЕННОГО СВЧ-ГЕНЕРАТОРА В ЧАСТОТНОМ РЕЖИМЕ

Ульянов Д.К., Андреев С.Е.,
Учреждение Российской Академии наук
Институт Общей Физики им. А.М. Прохорова, Москва, Россия

В настоящее время проводится много экспериментов по генерации мощного СВЧ-излучения с помощью плазменных релятивистских СВЧ-генераторов (ПРГ). Типичные параметры эксперимента в частотно-периодическом режиме работы ПРГ: энергия электронов 500 кэВ, частота следования импульсов 50 Гц, длительность пачки 1 сек, мощность СВЧ-излучения до 50 МВт [1]. В таких экспериментах остро стоит вопрос исследования пачки из 50 временных рядов, с целью использования полученных в результате обработки данных для оценки влияния начальных параметров эксперимента на физические процессы, происходящие в ПРГ во время излучения, и реализации управления характеристиками получаемого СВЧ-излучения. С этой целью нами был создан программный комплекс, состоящий из двух частей – первичной обработки данных эксперимента и получение динамических спектров СВЧ- импульса.

Созданный программный комплекс позволил оперативно получать данные о результатах эксперимента и позволил увидеть и проанализировать гармонический состав СВЧ- излучения ПРГ. Разработанная методика исследования динамических спектров обладает разрешением по частоте не более 50 МГц, а по времени 2..10 нс.

Для анализа каждого импульса из пачки (набор из 50-ти импульсов) разработана методика обработки и создан набор программ:

- для оперативной обработки данных эксперимента (за время между пачками выстрелов),
- для анализа спектров выходного СВЧ-излучения.

Регистрация выходного излучения ПРГ производится широкополосной вибраторной антенной (описание схемы эксперимента приведено в [2]). 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 коакси-

альной 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 табл. 1**:**

Таблица 1

	TDS 7404	DPO 71604c
Полоса, ГГц	4	16
Выборок, 10^{10}/с	2	5
Шаг дискретизации, пс	50	20
АЦП, бит	8	8

1. Оперативная обработка данных

Для эксперимента, требуется оперативная обработка временных рядов с целью получения информации о спектре, форме, амплитуде, длительности СВЧ-сигнала и др. Для реализации данной задачи в САПРе MathCAD 14 была написана программа использующая различные методы обработки и позволяющая оперативно просматривать характеристики полученной серии СВЧ-импульсов. Более подробно эта обработка была описана в [2].

В итоге такая быстрая обработка позволила получить информацию о спектре каждого импульса, амплитуде и форме сигнала СВЧ-излучения, длительности импульса. Также была предусмотрена возможность быстрого просмотра любого импульса из пачки.

2. Получение и анализ 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 были реализованы следующие методы:

- Фильтрация сигнала;
- Вейвлет преобразование.

2.1.Фильтрация сигнала

Первый 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.

2.2.Вейвлет преобразование

Второй метод использует вейвлет преобразование. Для увеличения производительности и разрешения по частоте в программе используется в качестве базисной функции вариация вейвлета Морле:

$$\Psi(t) = e^{-\frac{t^2}{40}}\sin(5t) \quad (3)$$

Предлагаемая модификация вейвлета Морле обладает хорошим разрешением по времени, что позволяет определять моменты начала и окон-

чания процессов для каждой компоненты спектра и изменение в их амплитудах. Однако, это преобразование из-за плохого разрешения по частоте «размывает» линии спектра на графике, что вынуждает использовать описанную выше фильтрацию для определения центральных частот гармоник, присутствующих в спектре выходного излучения ПРГ. Результат записывается на HDD (жесткий диск) в виде изображений контурных графиков, получаемых в ходе работы. Подобное преобразование производится от каждого СВЧ-импульса.

Предлагаемая фильтрация позволяет получить хорошее разрешение по частоте (около 50 МГц), выделяет наиболее стабильные составляющие спектра, однако подавляет компоненты с быстро изменяющейся частотой.

Предлагаемая модификация вейвлета Морле обладает хорошим разрешением по времени, что позволяет определять моменты начала и окончания процессов для каждой компоненты спектра и изменение в их амплитудах.

Совместное использование обоих методов позволяет с хорошим разрешением по времени и частоте получить информацию о поведении спектра СВЧ излучения ПРГ во времени.

3. Результаты обработки

На рис.2 показаны результаты обработки одного СВЧ-импульса.

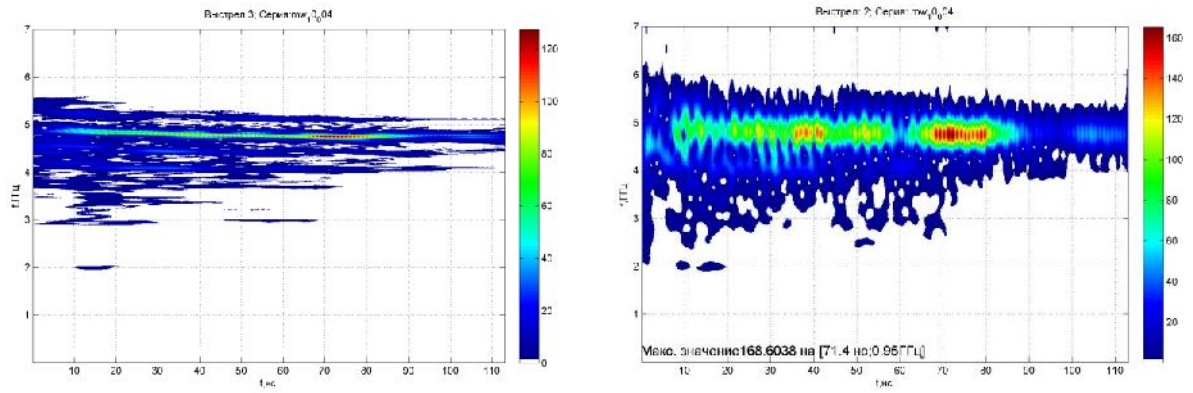


Рис.2. Динамические спектры СВЧ-импульса

На рис.2 представлены спектры, полученный методом фильтрации и вейвлет спектр. На этих двух спектрах видны четыре гармоники:

1. Гармоника с плавно изменяющейся частотой от 4.82 ГГц до 4.75 ГГц и длительностью 100 нс. Начало генерации 8 нс. Продолжительная гармоника с несколькими срывами генерации и плавно изменяющейся частотой генерации. Содержит подавляющее количество энергии.

2. Гармоника с плавно изменяющейся частотой от 4.6 ГГц до 4.56 ГГц и длительностью 10 нс. Начало генерации 5 нс. Короткая гармоника с плавно меняющейся частотой.

3. Гармоника с плавно изменяющейся частотой от 4.54 ГГц до 4.49 ГГц и длительностью 17 нс. Начало генерации 24 нс. Короткая гармоника с плавно меняющейся частотой.

4. Гармоника с плавно изменяющейся частотой от 4.15 ГГц до 4.10 ГГц и длительностью 27 нс. Начало генерации 15 нс. Короткая гармоника с плавно меняющейся частотой.

Из выше перечисленного можно сделать вывод, что во время работы генератора произошло плавное изменение плотности плазмы, и в результате получился импульс с изменяющейся частотой с 4.82 ГГц до 4.75 ГГц. Данный пример показывает режим генерации с плавно меняющейся частотой.

Заключение

Благодаря полученным с помощью данных методов обработки динамическим спектрам было установлено:

- ❖ Ширина полосы частот СВЧ-импульса может как узкой так и широкой что говорит о возможности управления шириной спектра излучения.
- ❖ Генератор может плавно менять частоту излучения
- ❖ При одинаковых начальных условиях эксперимента генератор может генерировать излучение с устойчивыми параметрами от импульса к импульсу.

В результате применения разработанного программного комплекса впервые была получена возможность управления частотой по заранее заданному закону в каждом импульсе пачки, что необходимо для применения ПРГ в народном хозяйстве (например, для размягчения материалов как показано в [3]). В дальнейшем планируется использовать данную обработку для оценки плотности плазмы во время работы ПРГ.

Библиографический список

1. И.Л. Богданкевич, Д.М. Гришин, А.В. Гунин и др. // ФП, 2008, т.34, №10, с.926-930.

2. Андреев С.Е., Ульянов Д.К. Метод управления спектром плазменного релятивистского СВЧ-генератора в частотно-периодическом режиме. // Прикладная радиофизика, 2014, №4 с.26-30.

3. Paul P. Woskov, Herbert H. Einstein and Kenneth D. Oglesby. Penetrating Rock with Intense Millimeter –Waves.// Infrared, Millimeter, and Terahertz waves (IRMMW-THz), 2014 39th International Conference, 2014, с. 1-2.

УДК: 536.46, 537.566, 537.525.2, 537.874.7, 53.097

ИНИЦИАЦИЯ ВОСПЛАМЕНЕНИЯ МЕТАН-КИСЛОРОДНЫХ СМЕСЕЙ С ПОМОЩЬЮ МИКРОВОЛНОВОГО РАЗРЯДА И ЕГО ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ПРОЦЕСС РАЗВИТИЯ ГОРЕНИЯ

Артемьев К.В., Давыдов А.М., Коссый И.А.,
ИОФ РАН, Москва, Россия

Постановка настоящей работы стимулирована исследованиями, проводимыми в последние годы в ИОФ РАН с инициацией воспламенения метан-кислородных и водород-кислородных газовых смесей в замкнутых цилиндрических камерах. Инициация осуществляется мощными разрядами, локализованными в объемах, существенно меньших объема камеры. А именно, лазерными искрами [1,2], прямым нагревом газа в фокусе лазерного излучения [3], микроволновым разрядом [4,5], сильноточными скользящими [6–8].

Проведенные исследования показали, что воспламенению объема реакционной камеры предшествует начальная стадия, получившая в [1–8] название “стадии незавершенного горения”, на которой происходит подготовка газовой среды к объемному “взрывному” воспламенению, основанному на разветвленных цепных реакциях.

В работе [9] в качестве источника плазмы исследовалась металл-диэлектрическая мишень, которая представляет собой внедренный в поверхность диэлектрика резонансных размеров линейный вибратор с щелью в его центральной части (“разрезной” диполь, см. рис.1).

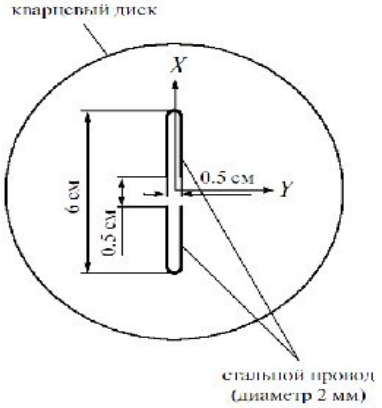


Рис.1. Разрезной диполь, внедренный в поверхность диэлектрика

Такого рода металлические включения существенно снижают пороги искрений на контактах металл–диэлектрик под действием импульсного микроволнового излучения низкой плотности мощности.

Как показали эксперименты, при облучении металл-диэлектрического

окна-мишени импульсными микроволнами в широком интервале давлений рабочего газа (Ar, CH4) ($1 \times 10^{-2} \leq p \leq 760$ Торр) в зазоре располагаемого на кварцевом окне диполя возбуждается скользящий вдоль поверхности диэлектрика разряд и на мишени образуется плазма. При относительно высоких давлениях зазор диполя оказывается заполненным плотной и сильностолкновительной плазмой, обеспечивающей хорошее согласование разрезного диполя с падающим на него микроволновым излучением.

Эти эксперименты позволяют рассчитывать на то, что такой разряд может служить не только инициатором воспламенения горючих смесей, но и способом воздействия на процесс воспламенения. Схема экспериментальной установки представлена на рис.2.

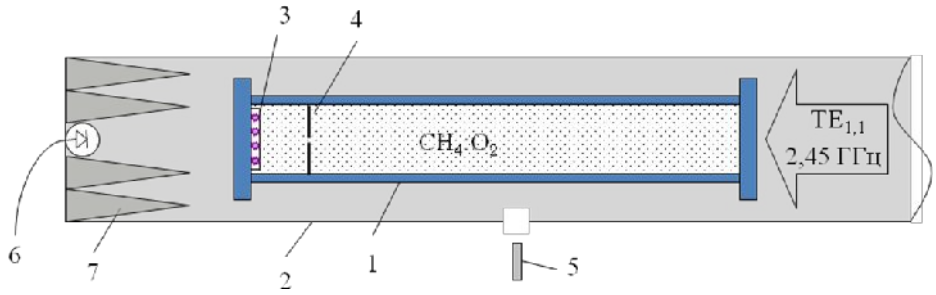


Рис.2. Схема экспериментальной установки: 1 – реакционная камера, 2 – цилиндрический волновод, 3 – SSD (поверхностный скользящий разряд), 4 – разрезной диполь, 5 – ФЭУ-106, 6 – СВЧ диод, 7 – поглотитель микроволнового излучения

Эксперимент поставлен следующим образом: скользящий поверхностный разряд 3 инициурет воспламенение стехиометрической метан-кислородной смеси в замкнутой цилиндрической камере 1, размещенной внутри цилиндрического волновода 2. Возникает волна неполного сгорания и, распространяясь вглубь камеры вдоль ее оси, взаимодействует с микроволнывым разрядом в области зазора разрезного диполя 4. Микроволоный разряд формируется при облучении разрезного диполя СВЧ излучения мощностью ~2 кВт и частотой 2.45 ГГц, распространяющегося вдоль волновода. Представлены предварительные результаты эксперимента.

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (грант РФФИ №12.02-00637) и Президиума РАН (Программа Фундаментальных Исследований Президиума РАН 26П «Горение и взрыв»).

Библиографический список

1. Коссый И.А., Силаков В.П., Тарасова Н.М., ванн Ви Д. // Физика плазмы. 2006. Т. 32. С. 382.

2. Казанцев С.Ю., Кононов И.Г., Коссый И.А., Тарасова Н.М., Фир-

сов К.Н. //Физика плазмы. 2009. Т. 35. С. 281.

3. Казанцев С.Ю., Кононов И.Г., Коссый И.А., Попов Н.А., Тарасова Н.М., Фирсов К.Н. // Квантовая электроника. 2012. Т. 42. С. 65.

4. Бережецкая Н.К., Грицинин С.И., Копьев В.А., Коссый И.А., Van Wie D. // Физика плазмы. 2005. Т. 31. С. 954.

5. Berezhetskaya N.K., Gritsinin S.I., Kop'ev V.A., KossyiI.A., Van Wie D. // Strong Microwaves in Plasmas / Ed. A. G.Litvak. Nizhny Novgorod: Inst. Appl. Phys. 2006. V. 2. P. 681.

6. Gritsinin S.I., Kossyi I.A., Misakyan M.A., Silakov V.P., Tarasova N.M., Temchin S.M. // J. Thermophysics Heat Transfer. 2002. V. 16. P. 450.

7. Бережецкая Н.К., Грицинин С.И., Копьев В.А., Коссый И.А., Кулешов П.С., Попов Н.А., Старик А.М., Тарасова Н.М. // Физика плазмы. 2009. Т. 35. С. 520.

8. Barkhudarov E.M., Berezhetskaya N.K., Kop'ev V.A., Kossyi I.A., Popov N.A. // J. Phys. D: Appl. Phys. 2010. V. 43. P. 365203.

9. Грицинин С.И., Давыдов А М., Коссый И.А., Арапов К.А., Чапкевич А. А.// ФИЗИКА ПЛАЗМЫ, 2011, том 37, № 3, с. 1–10.

УДК 537.86; 621.396.67.095.3; 621.396.674.3

КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ СИГНАЛА ПЛАЗМЕННОЙ НЕСИММЕТРИЧНОЙ ВИБРАТОРНОЙ АНТЕННЫ

Богачев Н.Н.[1,2], Гончаров П.Ю.[1], Андреев С.Е.[1,2]
[1]МГТУ МИРЭА, Москва, Россия
[2]ИОФ РАН, Москва, Россия

Введение

Важнейшей задачей исследования работы плазменной антенны является подбор режимов прием-передачи, при которых не сильных происходит искажений сигнала антенны [1,2]. Для этого необходимо исследовать характеристики сигнала, излучаемого плазменной антенной. При этом недостаточно изучить только спектры сигнала плазменной антенны [3,4], необходимо также провести и корреляционный анализ сигнала от плазменной антенны в различных режимах работы антенны. Обнаруженные на модели плазменной антенны в [5,6], три режима работы плазменной антенны (безызлучательный, нелинейный и линейный) влияют на излучаемый сигнал [3,4].

В данной работе проведён корреляционный анализ сигналов, излучаемых плазменной антенной в трёх режимах работы. Эти сигналы получены на модели плазменной антенны в коде КАРАТ [3,4]. В использованной мо-

дели исследуется задача распространения импульса гауссовой формы длительностью τ_u=15 нс, с частотой несущей f_0=1,7 ГГц (ω_0=1,07·10^{10} рад·с$^{-1}$) в плазменной несимметричной вибраторной антенне (ПНВА) (длиной *l=4* см и радиусом *r*=0,5 см). Плазма представлялась в модели методом крупных частиц (PIC методом). Временные и спектральные характеристики сигналов получены в ближней зоне антенны.

1.Алгоритм и программа корреляционной обработки сигналов

В обработке сигналов автокорреляционная функция (АКФ) определяется интегралом:

$$\Psi(\tau) = \int f(t)f(t-\tau) \qquad (1)$$

и показывает связь сигнала (функции f(t)) с копией самого себя, смещённого на величину τ.

АКФ вычисляется по программе, созданной в среде MATLAB, блок-схема программа приведена на рис.1. При написании программы применялись запатентованные [7] и апробированные сотрудниками ИОФ РАН Малаховым Д.В., Скворцовой Н.Н. и др. методы обработки данных.

Программа считывает выходные данные (выборка в формате .dat) моделирования из базы модельных данных кода КАРАТ и загружает их в тело программы. Данным присваиваются переменные для последующих действий над ними. Затем, из-за непостоянного шага дискретизации модельных данных кода КАРАТ, сигнал апроксимируется с целью получения постоянного шага дискретизации.

После этого, программа вычисляет с помощью встроенной функции xcorr АКФ по формуле (1).

Спектр вычисляется с помощью дискретного преобразования Фурье, используя FFT-алгоритм быстрого Фурье-преобразования. Расчет осуществляется с помощью встроенной функции fft.

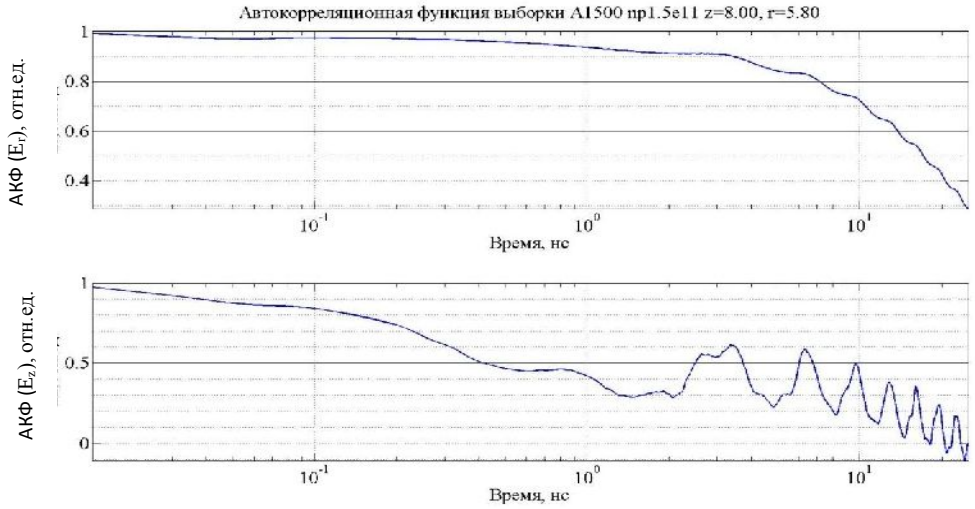
Результатом работы программы являются графические файлы, содержащие три графика: первый – исходный сигнал (изменение напряженности компонент электрического поля во времени), второе – АКФ, и третий – Фурье-спектр с учетом высоты шумового порога в области рабочей частоты. По умолчанию, данные сохраняются в формате встроенного редактора графиков с расширением .fig, использование которого позволяет вносить коррективы в оформление графиков и сохранять результаты в удобном графическом формате. При необходимости графики могу группироваться между собой.

2. Автокорреляционные функции сигнала в ближней зоне плазменной антенны

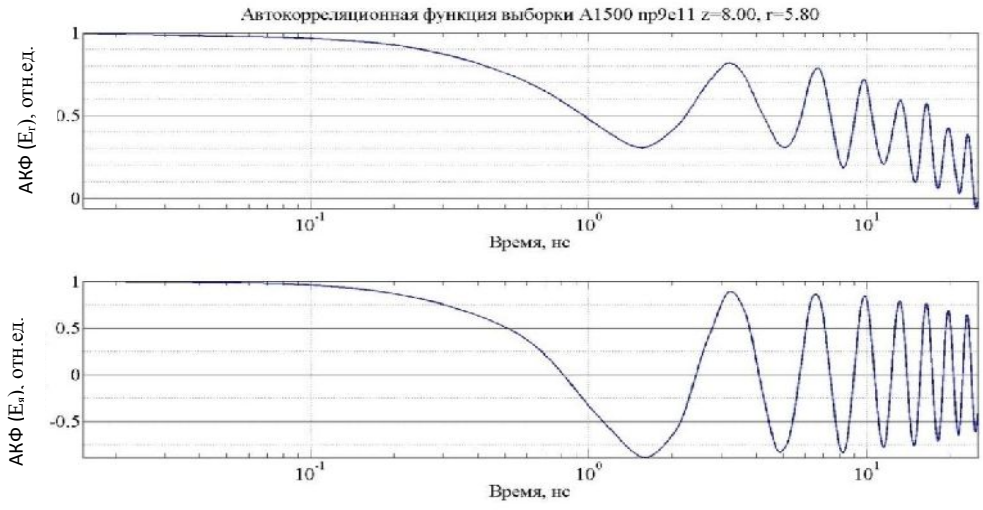
На рис.1. представлены результаты вычисления автокорреляционной функции сигнала, излучаемого плазменной антенной, в трёх режимах ра-

боты антенны. Автокорреляционная функция вычислялась для поперечной E_r и продольной E_z компонент электрического поля, временная зависимость напряженности которых определялась в ближней зоне антенны при моделировании в коде КАРАТ.

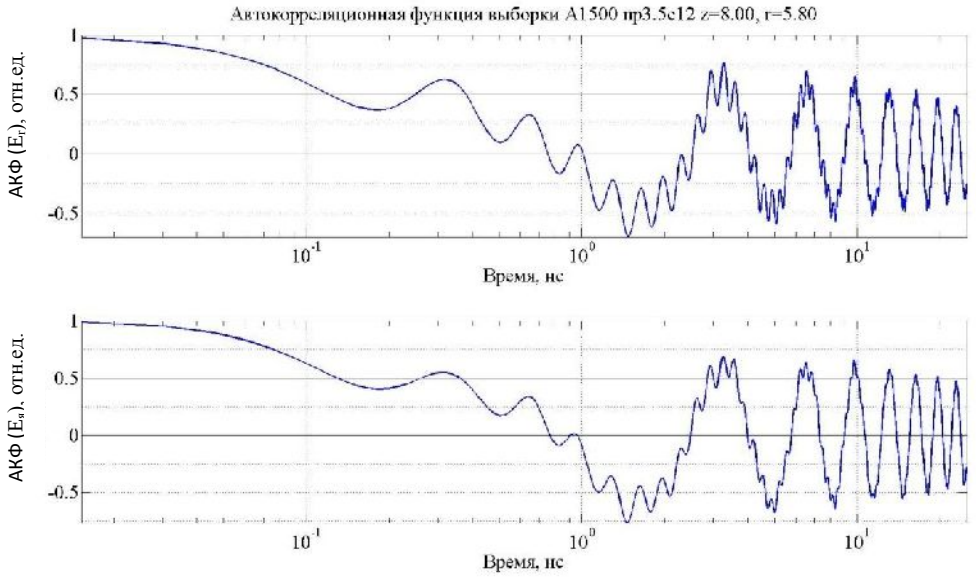
Рис.1,*а* представляет АКФ компонент поля антенны в ближней зоне в безызлучательном режиме работы. Как видно, E_r компонента поля представляет собой смесь быстро затухающей низкочастотной (почти постоянной во времени) составляющей с гармоническими колебаниями малой амплитуды на несущей частоте f_0=1,7 ГГц. В E_z компоненте также быстро затухающая низкочастотная шумовая составляющая является основной, но более ярко выражены колебания на несущей частоте. Таким образом, ярко выражен срыв излучения сигнала в безызлучательном режиме, что дополняет данные из [3-6] о диаграмме направленности антенны и крайне малых амплитуда составляющих в спектре сигнала в безызлучательном режиме работы антенны.



а)



б)



в)

Рис.1. Автокорреляционные функции E_r и E_z составляющих излучаемого поля плазменной вибраторной антенны в ближней зоне для безызлучательного режима (а), нелинейного режима (б), линейного режима (в)

В нелинейном режиме (рис.1,*б*) E_r компонента затухает во времени и имеет низкочастотную шумовую составляющую, но, в отличии от безызлучательного режима, колебания с частотой f_0 становятся более заметными. E_z компонента сигнала имеет вид гармонических колебаний с частотой f_0 без быстрого затухания во времени и с низкочастотной шумовой составляющей. В нелинейном режиме сигнал излучается в пространство, но с низкочастотными искажениями и очень малой амплитудой.

По АКФ в линейном режиме работы (рис.1,*в*) можно заметить сходство E_r и E_z компонент между собой. Отметим отсутствие быстрого затухания компонент, что говорит об устойчивом излучении сигнала. При этом очень сильно выражены колебания с ленгмюровской частотой f_p=17 ГГц что может свидетельствовать о неоптимальной геометрии модели и амплитуде подаваемого на антенну сигнала.

Заключение

АКФ, полученные в результате корреляционной обработки сигналов плазменной антенны в коде КАРАТ, подтвердили и дополнили представление о режимах работы плазменной антенны. Были показаны: срыв излучения антенной сигнала в безызлучательном режиме, сильные низкочастотные искажения и потери сигнала (из-за срыва излучения E_r компоненты) в нелинейном режиме, устойчивое излучение с высокочастотным шумом на плазменной частоте f_p в линейном режиме. Для уменьшения иска-

жений сигнала в линенйом режиме работы антенны, необходимо оптимизировать геометрические параметры антенны, амплитуду входного сигнала и длительность импульса.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ проект № 14-08-31336. Авторы выражают благодарность за обсуждение и полезные замечания профессора, д.ф.-м.н. Н.Г. Гусейн-заде и доцента, к.ф.-м.н. И.Л. Богданкевич.

Библиографический список

1. Беляев Б.А., Лексиков Ан.А., и др. // Известия вуз. Физика. 2013. Т. 56. № 8/2. С. 88.

2. Коновалов В.Н., Кузьмин Г.П., Минаев И.М., Тихоневич О.В. // XLI Международная Звенигородская конференция по физике плазмы и УТС, сборник тезисов, Москва, 2014. С.274.

3. Богачев Н.Н., Богданкевич И.Л., Гусейн-заде Н.Г. // XLII Международная Звенигородская конференция по физике плазмы и УТС, сборник тезисов, Москва, 2015. С.305.

4. Богачев Н.Н., Богданкевич И.Л., Андреев С.Е., Гончаров П.Ю. // II Международная научно-практическая конференция "Радиинфоком-2015", сборник трудов, 2015.

5. Богачев Н.Н., Богданкевич И.Л., Гусейн-заде Н.Г. // Прикладная физика. 2014. № 4.

6. Bogachev N.N., Bogdankevich I.L., Gusein-zade N.G., Sergeychev K.F. // Acta Polytechnica, V. 55, N 1, 2015, p. 30-34.

7. А.К. Горшенин, В.Ю. Королев, Д.В. Малахов, Н.Н. Скворцова. Свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ 2012. №2012610645, 2012610646, 2012610923, 2011618892.

8. Tarakanov V.P., User's Manual for Code KARAT. Springfield: VA, 1992.

УДК: 537.528

ВЫСОКОВОЛЬТНЫЙ ИМПУЛЬСНЫЙ РАЗРЯД В ВОДЕ, ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

Моряков И.В.[1], Анпилов А.М.[2], Бархударов Э.М.[2], Темчин А.М.[2],
[1]МГТУ МИРЭА Москва, Россия
[2]ИОФ РАН, Москва, Россия

Электрический высоковольтный (ВВ) разряд в газовых пузырях в объёме жидкости представляет интерес для решения различных техноло-

гических задач в частности для очистки воды от микробиологических, органических, химических загрязнений [1,2], получения микроструктур на основе углерода, металлов и их карбидов. В работе представлен реактор на основе многоэлектродного кольцевого ВВ импульсно-периодического разряда в жидкости (в воде) с инжекцией пузырьков газа в межэлектродное пространство, результаты измерения ультрафиолетового (УФ) излучения.

Реактор состоит из пяти цилиндрических, последовательно соединённых камер, в каждой из которых располагается многоэлектродный кольцевой разрядник. Одна из секций реактора показана на рис.1.

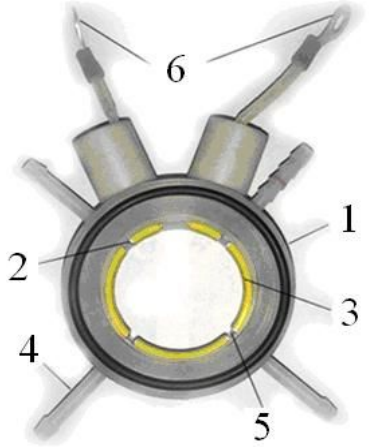


Рис. 1. Одна из секций реактора

На нем изображены: 1 – диэлектрическая камера, 2 – электроды, расположенные по кольцу на внутренней поверхности камеры с одинаковым зазором (1,5…2 мм) между ними. Поверхность электродов, обращенная к центру трубы, покрыта электроизоляционным материалом 3, патрубок 4 служит для подачи газа. Через отверстие 5 газ поступает в межэлектродное пространство, диаметр отверстия d≤1мм. К клеммам 6 подается высоковольтное напряжение. Расположение разрядных промежутков симметрично по кольцу обеспечивает фокусировку УФ излучения и гидродинамических возмущений, что приводит к повышению эффективности воздействия разряда на жидкость).

Для питания разряда использовался пятиканальный импульсно-периодический генератор ВВ импульсов. Параметры одного канала следующие: напряжение U≤20 кВ, частота следования импульсов f≤100 Гц, энергия накопительного конденсатора W≤1,6 Дж, ($C=8\cdot10^{-9}$ Ф). Это обеспечивало ток I≤ 300 А, при длительности импульса тока τ=3-5 мкс и средней мощности N≤200 Вт. Таким образом, средняя мощность 5ти каналов генератора равна 1 кВт. Совокупный объём пяти камер $V_к$=400 см^3. Устройство обеспечено системой прокачки воды, возможна работа и в стоячей воде. На рис.2 представлены фотография разрядной камеры.

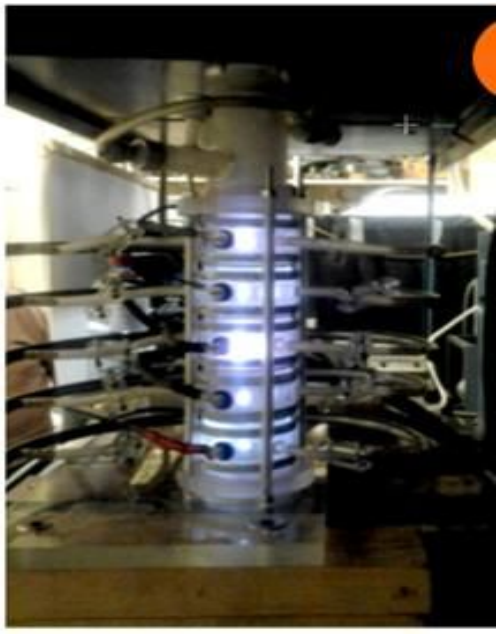


Рис.2. Реактор в работе

Для оценки интенсивности излучения кольцевого разрядника и влияния газовых пузырьков на рассеяние мягкого УФ излучения (200 нм<λ<400 нм) были выполнены специальные эксперименты [3], схема которых приведена на рис. 3.

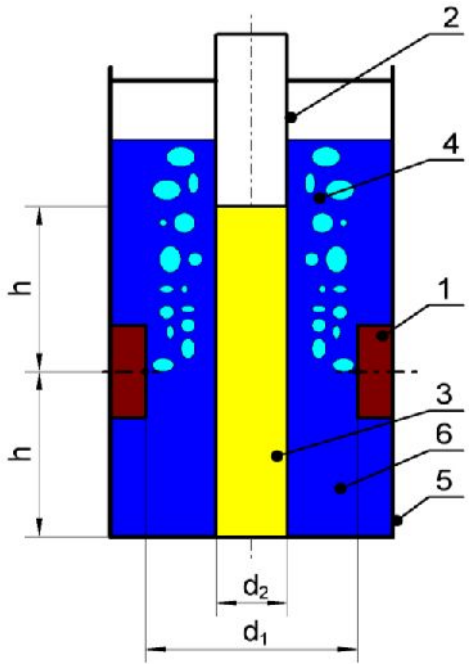


Рис. 3. Схема эксперимента

По оси кольцевого разрядника (1) (d_1=4 см) помещался цилиндрическая трубка из кварца (2) (d_2=1,8 см), заполненная актинометрической жидкостью (3), содержащей ферриоксалат калия. Объём которого либо 9,6 мл, либо – 4,8 мл, что соответствовало уровню жидкости 2h и h соответственно (h=1,9 см).

Пространство между сосудом (5) и цилиндром (2) заполнялось водой с проводимостью 150 μS (6). Уровень воды превышал 3h. В отверстия между электродами кольцевого разрядника инжектировался газ Ar (4) со скоростью 2 л/мин. Когда уровень актинометрической жидкости ровнялся h, ферриоксалат калия облучался только излучением разрядника, не рассеиваемым пузырьками газа. Если же уровень актинометрической жидкости ровнялся 2h, то половина объёма ферриоксалата (нижняя часть столба жидкости) по прежнему облучалась не рассеиваемым светом разрядника, а другая половина (верхняя часть столба жидкости) облучалась точно таким же, как и нижняя часть столба жидкости, светом разрядника, но рассеянным пузырьками газа аргона.

Выполненные измерения показали, что количество квантов света (N), поглощённой актинометрической жидкостью в первом случае (h) равно $N_1=2{,}2\cdot10^{18}$ квантов/мин., а во втором – (2h) $N_2=4\cdot10^{18}$ квантов/мин. Разрядник был запитан от блока (U=20 кВ) с частотой f=25 Гц. Время облучения составляло 1 мин.

Если бы рассеяние на пузырьках света отсутствовало, то количество квантов света N_2 должно было в 2 раза превышать N_1. В действительности, из приведённых результатов следует, что $N_2/N_1 \approx 1{,}8$. Это означает, что рассеяние света на пузырьках Ar составляет в данных условиях 20%.

Для приближённой оценки интегральной интенсивности света была принята следующая модель, которую иллюстрирует рис.4.

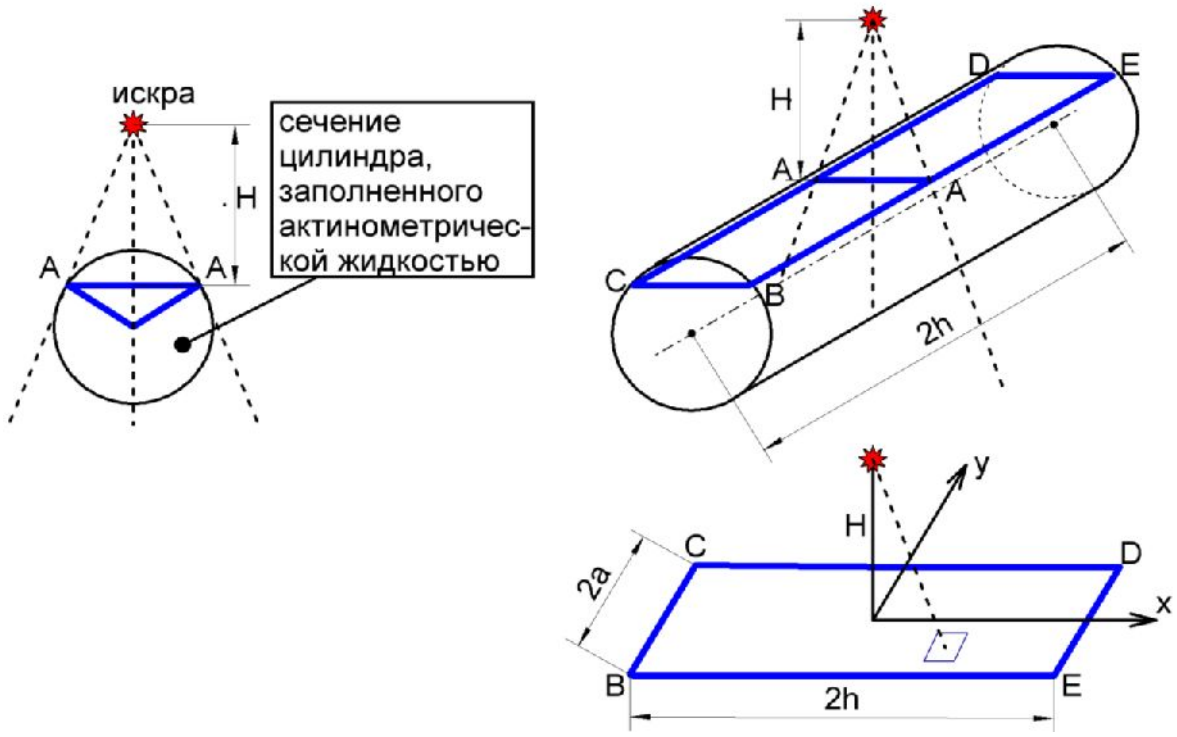


Рис.4. Схематическое представление приближённой оценки интенсивности УФ

Мы принимаем, что каждая искра является точечным источником света и пренебрегаем отражением света на границе проводящая вода (6) – кварц. Последнее допущение частично компенсируется выбором наибольшего из возможных расстояний от искры до плоскости сечения цилиндра, следом которой является линия А-А.

$$2N_1 \quad n \frac{N}{4} \frac{dx\ dy}{(x^2 \quad y^2 \quad H^2)} \frac{H}{\sqrt{x^2 \quad y^2 \quad H^2}}$$

$$\frac{N\ H}{4} \int_{h}^{h} dx \int_{a}^{a} \frac{dy}{\sqrt{(x^2 \quad y^2 \quad H^2)^3}}. \qquad (1.1)$$

Здесь n – число искр кольцевого разрядника; N – число квантов, испускаемых одной искрой за единицу времени (одну минуту); $2N_1$ – число квантов, поглощаемых актинометрическим раствором объёмом 2h, при отсутствии рассеяния на пузырьках газа.

Вычисление поверхностного интеграла приводит к выражению:

$$2N_1 \quad n \frac{N}{4} \frac{1}{H\ a} \quad 2 \quad arctg\left(\frac{h\ a}{H \sqrt{x^2 \quad y^2 \quad H^2}}\right). \qquad (1.2)$$

Для конкретной геометрии: диаметр кольцевого разрядника d_1=4 см и внутренний диаметр цилиндра d_2=1,8 см, параметры приведённого уравнения a=1,6 см, H=1,6 см, h=1,9 см. Подставляя численные значения в уравнение (1.2), получим:

$$\frac{n\ N}{2\ N_1} \quad 17\ . \qquad (1.3)$$

Т.е. реальная интенсивность излучения кольцевого разрядника в 17 раз превышает измеренную по ферриоксалату калия. Учитывая приближённость используемой для расчёта модели, можно достоверно принять, что полная интенсивность излучения кольцевого разряда примерно на порядок выше полученной из данных по восстановлению ферриоксалата калия, т.е. порядка $4 \cdot 10^{19}$ квантов/мин.

Библиографический список

1. P.Bruggeman, Ch. Leys, J. Phys.D: Appl. Phys. 42 (2009) 053001 p.28.

2. А.М. Анпилов, Э.М. Бархударов, И.А. Коссый, Г. С. Лукьянчиков, М. А. Мисакян, И. В. Моряков. Тонкая наноструктурированная углеродная плёнка на поверхности металла как способ предотвращения мультипакторного разряда. Прикладная Физика, 2014, №4.

3. Electric discharge in water as a source of UV radiation, ozone and hydrogen peroxide/ A.M. Anpilov, E.M. Barkhudarov, Yu.B. Bark, Yu.V. Zadiraka, M. Christofi, Yu.N. Kozlov, I.A. Kossyi, V.A. Kop'ev, V.P. Silakov, M.I. Taktakishvili and S.M. Temchin. J. Phys. D:Appl. Phys. 2001, №34, p.993-996.

УДК 533.951.7

ЭВОЛЮЦИЯ СПЕКТРОВ СИГНАЛОВ ОПТИМИЗИРОВАННОГО ДОПЛЕРОВСКОГО РЕФЛЕКТОМЕТРА НА СТЕЛЛАРАТОРЕ Л-2М

Харчевский А.А.[1,2], Малахов Д.В.[2], Скворцова Н.Н.[1,2]
[1]МГТУ МИРЭА, Москва, Россия
[2]ИОФ РАН, Москва, Россия

Введение

Для исследований в области физики плазмы повсеместно применяются радиофизические приложения. Одним из таких приложений, а также распространённой диагностической системой на крупных плазменных установках, является система доплеровской рефлектометрии в СВЧ диапазоне. Данная диагностика позволяет проводить исследования низкочастотной структурной турбулентности в плазме. В ходе экспериментальной сессии на стелларатореЛ-2М осенью 2014 г. были проведены исследования плазмы с помощью системы доплеровской рефлектометрии [1], построены изменяющиеся в течение разряда робастные комплексные спектры флуктуаций плотности краевой плазмы для разных режимов нагрева и разных удельных энерговкладах, замечено изменение полуширин спектров и доплеровского сдвига частоты (определенного по максимуму спектров) как от уровня вводимой мощности, так и от режима последовательного включения гиротронов.

1.Экспериментальная установка и метод измерения

Создание и нагрев плазмы в стелларатореЛ-2М осуществлялось в двух режимах: токовом (методом омического разряда) и электронно-циклотронным (методом электронно-циклотронного нагрева плазмы) [2]. Электронно-циклотронный нагрев производился комплексом МИГ-3, состоящим из двух гиротронов. Мощность нагрева излучения одного гиротрона варьировалась от 200 до 600 кВт, изменялись длительности импульсов СВЧ излучения от 4 до 12 мс, а также относительное время включения двух гиротронов. Суммарная мощность нагрева гиротронного комплекса в некоторых импульсах достигала 1 МВт. Было установлено, что для устойчивого приёма отраженного электромагнитного излучения существующей системой рефлектометрии, необходимо иметь среднюю электронную плотность отражающей плазмы выше $1{,}8\cdot10^{19}$м$^{-3}$.

Ранее созданная диагностика [1] была оптимизирована для повышения точности измерений. В качестве источника излучения рефлектометра исполь-

зуется управляемый диод Ганна. Его экспериментально полученные характеристики представлены на рис.1. Для зондирования были выбраны частоты 37,5 ГГц и 36,3 ГГц, так как для них предварительно на стенде методом подстройки удалось получить наиболее точный фазовый сдвиг. На рис.2 приведена осциллограмма (развёртка X-Y) при экспериментальной подстройке фазового сдвига между каналами рефлектометра на частоте 37,5 ГГц. Диагностическое излучение вводилось в камеру стелларатора под углом 12º относительно тороидальной плоскости и различными углами в вертикальной плоскости относительно условной нормали к магнитной поверхности (от -10º до 12º) по медному волноводу через рупорную антенну. Несмотря на то, что для подавления греющего излучения гиротронов использованы волноводные резонансные фильтры, с ослаблением 30 дБ на частоте 75,3 ГГц, при мощностях нагрева выше 400 кВт один из каналов системы оказывается сильно зашумлён.

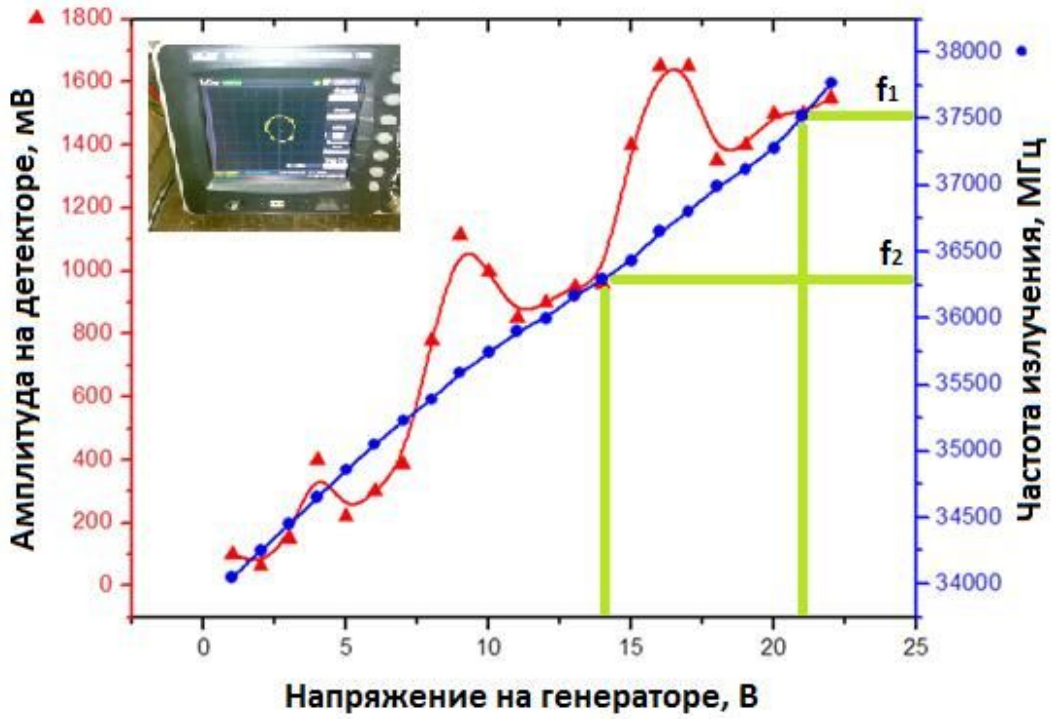


Рис.1. Экспериментально полученные зависимости (▲ - амплитуды, • - частоты) диода Ганна - генератора СВЧ излучения рефлектометра от напряжения источника питания. Отмеченные точки f_1 и f_2 - выбранные частоты. В левом верхнем углу - осциллограмма (развёртка X-Y) при экспериментальной подстройке фазового сдвига между каналами рефлектометра

Для оцифровки аналоговых сигналов с детекторов применялись АЦП с частотой дискретизации до 5 МГц и измерительная плата ЛА-н10-12ЕТН (ЗАО "Руднев-Шиляев"), имеющая два синхронных 12ти разрядных

АЦП, с частотой оцифровки до 100 МГц каждый. Комплексные робастные спектры оценивались по временным выборкам во временных окнах 1-2 мс в течение разряда стелларатора, что позволило наблюдать их эволюцию во времени с помощью специализированного программного обеспечения [2].

2.Фурье-спектры флуктуаций плотности плазмы

В ходе экспериментальной сессии на стеллараторе Л-2М осенью 2014 г. были проведены исследования плазмы с помощью системы доплеровской рефлектометрии в токовом режиме и ЭЦР-режиме.

На рис.3 представлена временная реализация двух каналов доплеровского рефлоектометра в ЭЦР режиме плазмы при мощности 400 кВт. На сигналах виден пробой плазмы (промежуток от А до Б), стационарная фаза разряда (Б), низкочастотная модуляция отраженного излучения после выключения гиротрона (В) и фаза распада плазмы (Г). Следует учесть, что на рис.3 ось времени показана относительно запуска АЦП, в действительности, сам запуск АЦП происходил на 45 мс по общему для всех диагностик времени с помощью синхроимпульса. Связано это с тем, что для выхода в оптимальный режим работы магнитной конфигурации установки Л-2М требуется некоторое время.

Измеренные рефлектометром комплексные фурье-спектры на краю плазмы заметно изменяются в интервале стационарных макропараметров плазмы [3]. Форма и полуширины спектров не сохраняются. В стационарной фазе в токовом режиме доплеровский сдвиг изменяется, что возможно указывает на изменение полоидальной скорости вращения.

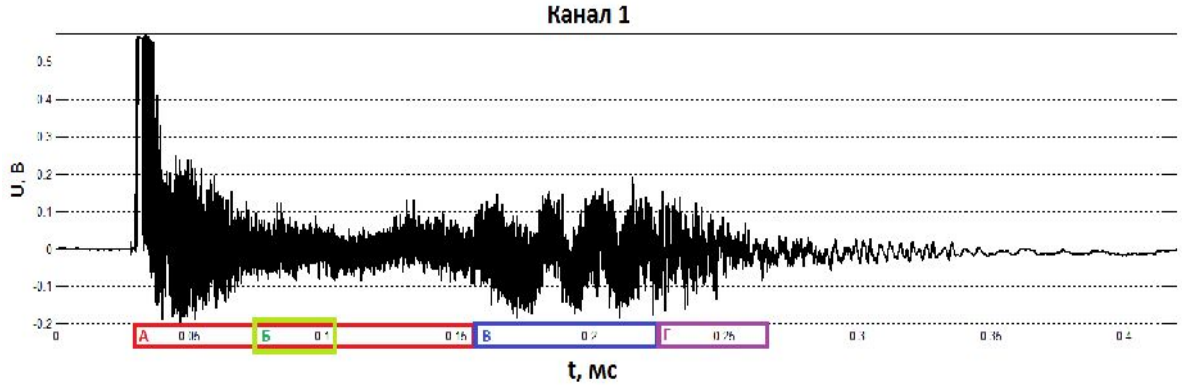


Рис.3. Сигнал рефлектометра. Разряд 19046. Работает первый гиротрон P_1= 400 кВт (Δt=48-60 мс). Частота зондирующего излучения 36,34 ГГц, угол ввода – 6°в вертикальной плоскости относительно условной нормали к магнитной поверхности. Периоды: А – работа гиротрона, Б – стационарный режим в плазме, В – низкочастотная модуляция отраженного излучения, Г – распад плазменного шнура

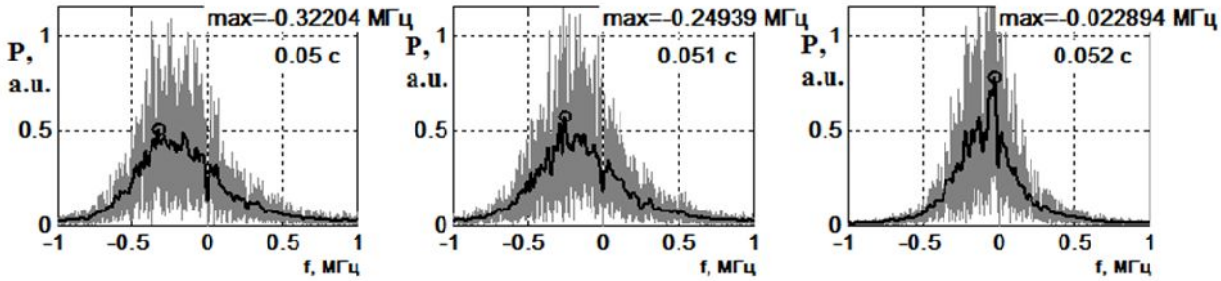


Рис.4. Эволюция во времени спектров рассеянного излучения в режиме омического нагрева при частоте зондирующего излучения 37,35 ГГц, угол наклона антенны 2º. Импульс 18781, средняя плотность плазмы $2 \cdot 10^{19} м^{-3}$

На рис.5 показана эволюция формы и полуширины спектров в режиме ЭЦР нагрева при мощности одного гиротрона 200 кВт. Пробой стац. фаза и распад. Доплеровский сдвиг в стационарной фазе изменялся от 200 до 300 кГц. Такое изменение сдвига может быть связано как с изменением скорости вращения плазмы, так и с фазовыми скоростями флуктуаций. С ростом энерговклада (повышением мощности гиротронов) фурье-сперктры сужаются и доплеровский сдвиг уменьшается.

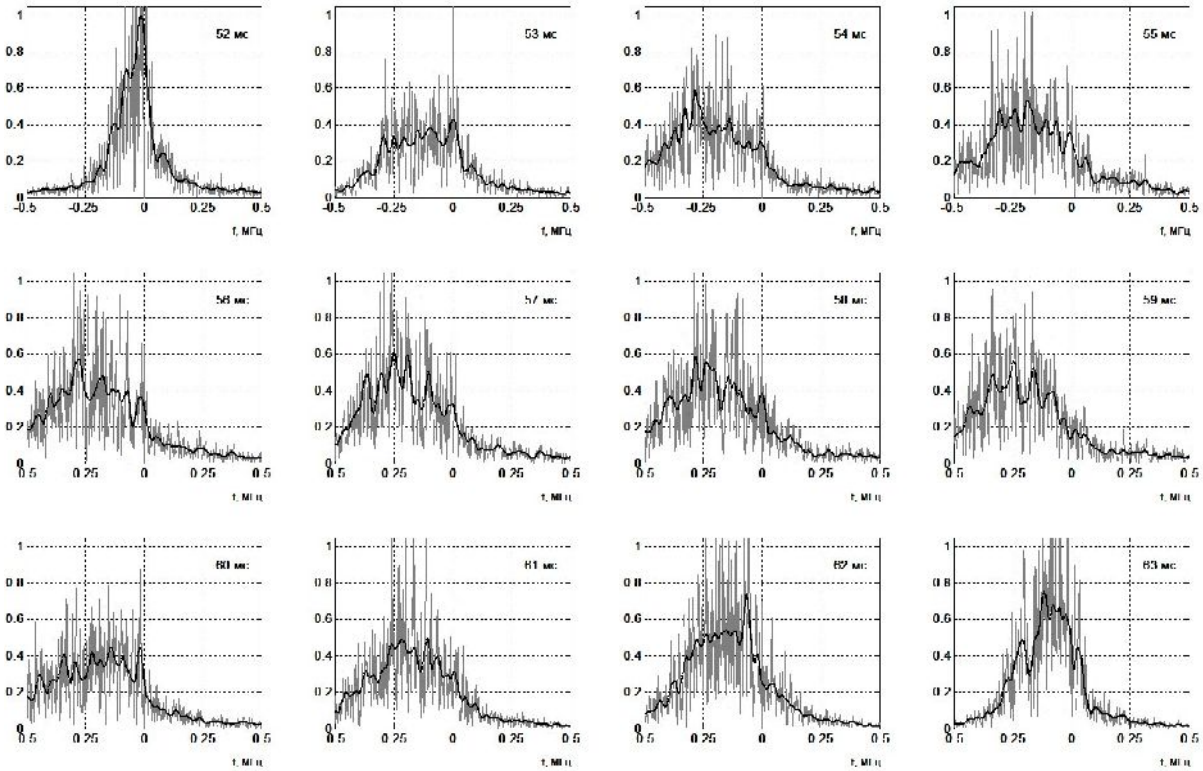


Рис.5. Эволюция во времени спектров рассеянного излучения в режиме ЭЦ нагрева 1 гиротроном (Р =200 кВт) при частоте зондирующего излучения 36,3 ГГц, угол наклона антенны -6º. Импульс 18945, средняя плотность плазмы $2{,}2 \cdot 10^{19} м^{-3}$

Заключение

В течение разряда плазмы в стеллараторе Л-2М изменяется фурье-спектр длинноволновой (1-2 $см^{-1}$) турбулентности. Было установлено, что структурная турбулентность в области измерения допплеровским рефлектометром описывается лишь тремя - четырьмя процессами, которые были определены по разложению гистограммы амплитуд приращений флуктуаций [4]. Разложение спектра на компоненты может дать представление о поведении различных типов колебаний плазмы. Выделяющиеся доминирующие компоненты дают представление о перекачке энергии между различными типами турбулентности. В ходе исследования были получены сигналы рефлектометра (рис.3), в спектрах которых (рис.5) сложно отделить частотный сдвиг, связанный с полоидельным вращением плазмы, от частотного сдвига, определяемого фазовыми скоростями длинноволновых флуктуаций. Интерпретация обнаруженной низкочастотной модуляции отраженного излучения во время распада плазмы (после прекращения работы гиротронов) является одной из интересных задач будущих исследований.

Библиографический список

1. Новый гиротронный комплекс МИГ-3 для создания и нагрева плазмы в стеллараторе Л-2М и результаты первых экспериментов / Н.К. Харчев, Г.М. Батанов, В.И.Белоусов и др. // Прикладная физика. –2012. – №6. – С.79-86.

2. Применение допплеровской рефлектометрии на стеллараторе Л-2М / А.А. Пшеничников, М.А. Терещенко, Н.К. Харчев и др. // Физика плазмы. – 2005. –Т.31, №7. – С. 604-611.

3. А.К. Горшенин, В.Ю. Королев, Д.В. Малахов, Н.Н. Скворцова. Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ №2012610923 20 января 2012.

4. Об исследовании плазменной турбулентности на основе анализа спектров / А.К. Горшенин, В.Ю. Королев, Д.В. Малахов, Н.Н. Скворцова // Компьютерные исследования и моделирование. –2012. –Т. 4, №4, С. 793 – 802.

5. The evolution of probability characteristics of low-frequency plasma turbulence / Batanov G.M., Gorshenin A.K., Korolev V.Yu, Malakhov D.V., Skvortsova N.N. // Mathematical Models and Computer Simulation. – 2012. – Т.4, №1. – С. 10-25.

УДК 537.52, УДК 537.86

РЕАЛИЗАЦИЯ МЕХАНИЗМА ИОНИЗАЦИОННО-ПЕРЕГРЕВНОЙ НЕУСТОЙЧИВОСТИ В МИКРОВОЛНОВОМ ПЛАЗМАТРОНЕ "МИКРОВОЛНОВАЯ ДУГА". ФИЗИКА И ПРИЛОЖЕНИЯ.

Галаджева О.В., Грицинин С.И., Давыдов А.М., Коссый И.А.
МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

В работе представлена оригинальная конструкция микроволнового плазматрона коаксиального типа, описаны его свойства и физические явления, лежащие в основе его работы.

В качестве источника микроволновой энергии использовался бытовой магнетрон с частотой f = 2,45 ГГц, мощностью P ≈ 2 кВт и изменяемой длительностью импульса излучения $t_и$ = 5-1000 мкс. Эксперименты проводились в воздухе при атмосферном давлении. Для определения параметров разряда использовалась методика эмиссионной спектроскопии.

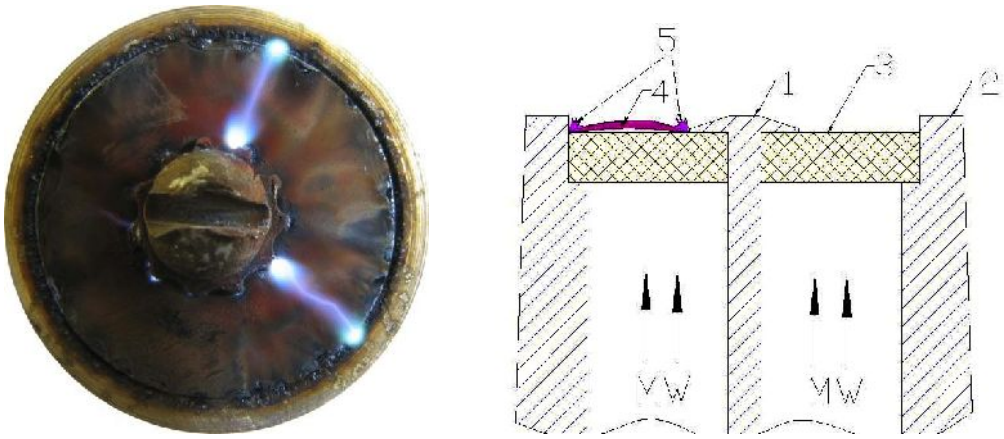


Рис.1. Схема разрядного инициатора и интегральная по времени фотография разряда

Микроволновая энергия транспортируется с помощью коаксиального волновода на разрядный инициатор, который состоит из кварцевой шайбы (3), внутреннего (1) и внешнего (2) электродов. Разряд возникает на контакте внутреннего электрода и кварцевой шайбы и имеет вид искрений, которые являются следствием взрывных процессов происходящих на контакте металл-диэлектрик в СВЧ поле. Являясь источником ионизующего УФ излучения, они создают вокруг себя ореол фотоионизованной плазмы, в котором под действием падающего микроволнового излучения развивается ионизационноперегревная неустойчивость, следствием которой является формирование газового разряда нитевидной формы с высокой концентра-

цией электронов $n_e \approx 10^{16}$ см ^{3} и газовой температурой Т ≈ 5000-6000 К, который, в свою очередь, сам является источником УФ излучения. Т.о., скачкообразно прорастая, разряд замыкает промежуток между внутренним (1) и внешним (2) электродами. На развитой стадии разряд состоит из двух характерных областей. Первая - это область газового разряда в межэлектродном промежутке. Вторая – область приэлектродных вспышек (5), которая может является следствием взрывоэмиссионных явлений, возникающих при взаимодействия плотной плазмы (4) с внутренним (1) и внешним (2) электродом. Механизмом этих разрядов может являться развитие автоэлектронной эмиссии на контакте электрод плазма, переходящей в термоавтоэлектронную, которая приводит к взрывным процессам на электроде. Следует отметить, что в отличие от дуги постоянного тока, в течение импульса микроволнового излучения наблюдается появление новых каналов между электродами.

Эмиссионный спектр свечения газоразрядного промежутка состоит в основном из молекулярных полос воздуха, а приэлектродных вспышек – из линий металла.

Эксперименты по исследованию процессов разложения SiH4 с образованием наноразмернорго кремния проводились в смеси моносилана с аргоном при давлениях газа от 100 тор до атмосферного давления. Экспериментальная установка представляет из себя рабочую камеру с подсоединенным к ней разрядным инициатором коаксиального типа, состоящим из внутреннего (1) и внешнего (2) электродов, контактирующих с кварцевой шайбой (3). Для удобства наблюдения за процессом см. рис.2.

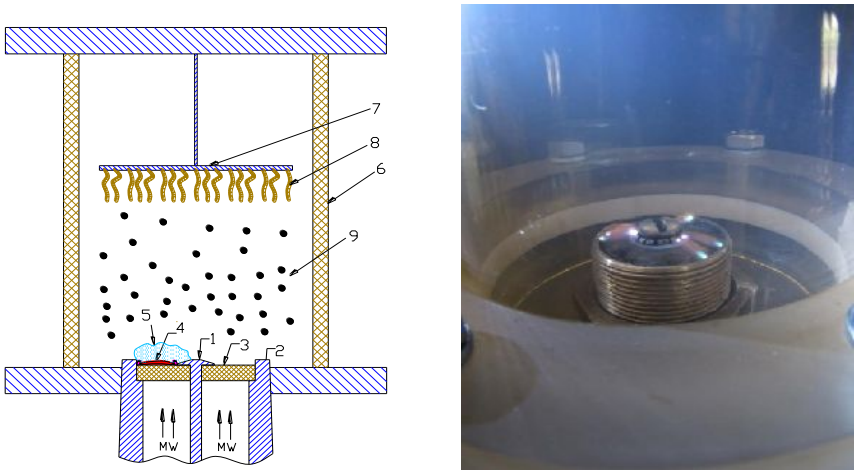


Рис.2. Схема экспериментальной установки и фотография разряда.
рабочая камера была выполнена из кварца (6). Через торцевые фланцы производилось подсоединение плазматрона, откачка и напуск газов

Разряд (4) возникает на контакте внутреннего электрода с кварце-

вой шайбой, и в течении микроволнового импульса, распространяясь в радиальном направлении, замыкает пространство между внутренним и внешним электродом. При этом разряд имеет вид нескольких шнуровидных каналов, возникающих в течение одного импульса. Являясь источником УФ излучения, эти каналы создают вокруг себя область фотоплазмы, в которой по мнению авторов и идет основное разложение моносилана. Образующийся при этом кремний конденсируется в наноразмерные частицы (9) и под действием акустических волн от разряда выносится в объем камеры. Для удобства сбора частиц, которые имели положительный заряд, в камеру вводился электрод (7), на который подавался отрицательный электрический потенциал, в результате чего происходил сбар частиц на электроде.

Характерный вид наночастиц приведен на рис.3. Рефлектограмма, сделанная на электронном микроскопе показала наличие в образцах помимо аморфной фазы существенное количество кристаллического нанокремния.

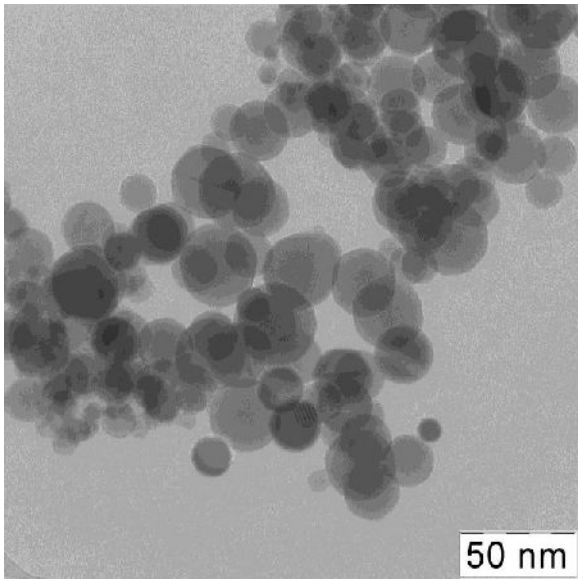


Рис.3. Характерный вид наночастиц кремния

В работе представлено экспериментальное исследование микроволнового импульсного поверхностного разряда в смеси SiF4+H2 при общем давлении 700 торр.

В качестве диагностик параметров разряда использовалась методика эмиссионной спектроскопии. Для качественной и количественной оценки продуктов плазмохимических реакций использовалась ИК абсорбционная спектрометрия.

Рабочая камера наполнялась смесью фторида с водородом до общего давления 700 торр и запускался разрядный процесс.

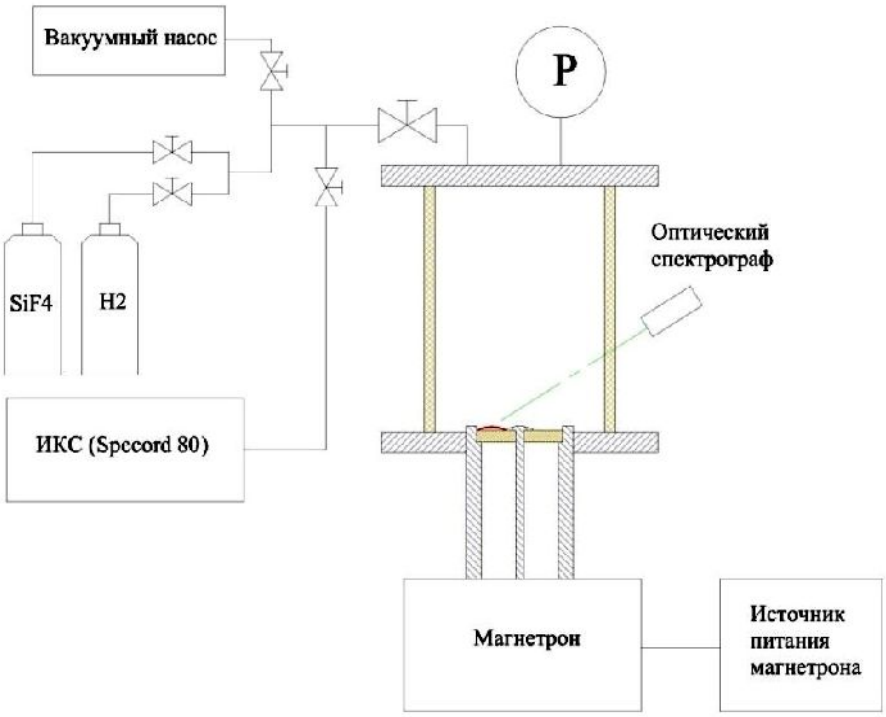


Рис.4. Лабораторная установка

Показано, что при возбуждении разряда происходит разложение SiF4 с образованием в качестве одного из продуктов реакции мелкодисперсного кремния.

В оптическом эмиссионном спектре разряда рис.5 обнаруживается свечение компонент H2, H, Si а также радикалов SiF, что может свидетельствовать о деструкции SiF4 с образованием твердой фазы кремния.

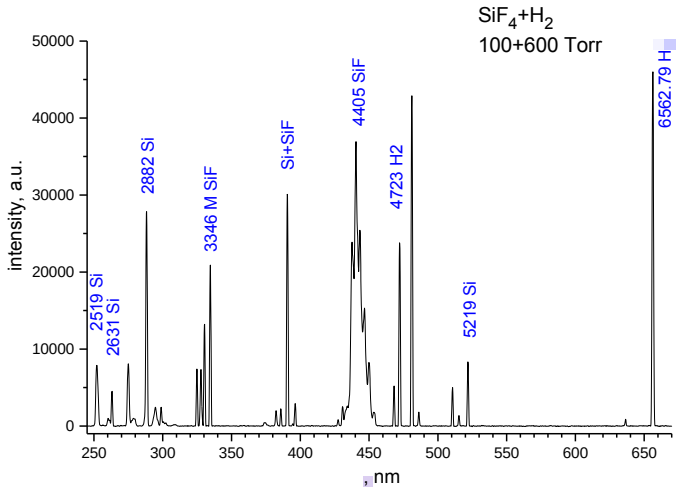


Рис.5. Эмиссионный спектр микроволнового поверхностного разряда в смеси SiF4+H2 при давлении 700 торр

На рис.6 представлен ИК спектр поглощения газообразных продуктов реакции при обработке смеси SiF4+H2 (100+600 Torr соответственно). Помимо SiF4, компоненты Si2F6O и SiF3OH наблюдались в исходной необработанной смеси, а SiF_{4-X} только после обработки. Объем камеры 610 $см^3$, удельный энерговклад на молекулу SiF4 составил около 90 Эв/молек., при этом степень разложение достигала 15%, а энергетическая цена 600 эв/молек.

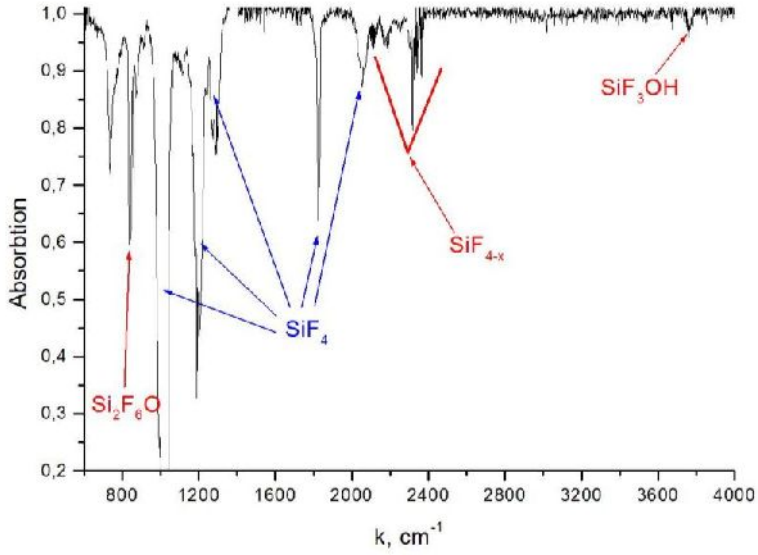


Рис.6. ИК спектр поглощения газообразных продуктов плазмохимической реакции в смеси SiF4+H2 (100+600 Torr соответственно)

УДК 53.03; 303.09

НЕЛИНЕЙНАЯ ДИНАМИКА И ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ В СИСТЕМЕ С ЭЛЕМЕНТАМИ, АДАПТИРУЮЩИМИ СВОЕ ПОВЕДЕНИЕ К ВНЕШНИМ УСЛОВИЯМ

Маслов С.А.[1], Лубашевский И.А.[2], Гусейн-заде Н.Г.[1,3]
[1]МГТУ МИРЭА, Москва, Россия
[2]University of Aizu, Fukushima, Japan
[3]Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН, Москва, Россия

Введение

Одной из областей исследования радиофизики, вызывающей неизменный интерес, является исследование нелинейной динамики, пространственно-временного хаоса и самоорганизации [1] в неравновесных системах. Явления самоорганизации, когда под влиянием внешних воздействий

в физических системах возникают и самостоятельно формируются сложные структуры, часто встречаются не только в физике, но и в биологии и экономике, и при этом подчиняются схожим законам. Задача нелинейной динамики состоит в нахождении и подробном исследовании тех базовых математических моделей, которые исходят из наиболее типичных предположений о свойствах отдельных элементов, составляющих систему, и законах взаимодействия между ними.

Методы математического и физического моделирования активно используются экономике, демографии, социологии. Сходные физические принципы описывают такие явления, как динамика транспортных потоков и ценных бумаг, поведение людей в местах большого скопления, кооперативное поведение живых организмов. Именно такими вопросами занимается физика «социальных», или «мотивированных» [2] систем, которым посвящены работы [3-5], а число публикаций по их изучению в наше время интенсивно растет и уже превышает 4 тысячи [6].

Одним из средств математического описания «социальных систем» служат агентные модели [6,7], в которых совокупности взаимосвязанных индивидуумов отражаются набором агентов (людей, экономических субъектов, групп животных), действующих по заданным правилам. Так как природа взаимодействий не вполне поддается формализации; то в каждом типе таких систем выделяется определенный идеализированный вид деятельности (обмен в экономике, покупка и продажа акций на бирже и т.д.), а другие возможные взаимодействия, в частности, связанные с эмоциями, предпочтениями и желаниями людей, не рассматриваются. К этим вопросам тесно примыкает теория управления, точнее, возникшая вслед за ней в 40-е годы XX века теория принятия решений.

Важность проблемы принятия решений определяется их ролью в деятельности людей: выбор способа действий – результат комплексной увязки многих аспектов: экономико-математического, психологического и др. Управлять – это значит направлять к намеченной цели для достижения желаемого результата, при этом допускается корректировка в случае изменении задачи или условий среды.

Научное управление не пренебрегало человеческим фактором. Авторы признавали важность систематического стимулирования и обучения людей. Значительный толчок к развитию теории принятия решения дал бихевиоризм (от английского behavior – «поведение»), исходная предпосылка которого заключалась в необходимости изучения не сознания, а поведения человека. Согласно этой теории, поведение представляет собой реакцию на стимул. Повторение положительных стимулов закрепляет положительную реакцию, то есть вырабатывает устойчивое поведение.

В данной работе построена «двухканальная» модель поведения оди-

ночного агента, учитывающая как рациональные, так и субъективные мотивы индивидуума. В качестве первого, рационального, канала, выбирается качество выполнения действия, сильно зависящее от вознаграждения как стимула. Второй канал – субъективный, или эмоциональный, включает в себя новизну стратегии, поскольку поиск нового – одна из основных черт деятельности людей [8]. Исследована нелинейная динамика поведения агента при разном числе возможных стратегий.

1.Постановка задачи

Как было отмечено ранее, поиск новизны – один из важных мотивов человеческой деятельности. Следуя работе [9], считаем, что агент оценивает каждую из N возможных стратегий по двум аспектам (каналам): качество q_i выполнения i-го действия ($i \quad \overline{1, N}$), зависящее от вознаграждения r_i, и его привлекательность a_i, тесно связанная с чувствительностью φ_i агента к новизне. Пара переменных $\{q_i, a_i\}$ однозначно определяет вероятность p_i выбора i-ой стратегии в каждый момент времени.

В настоящей работе строится стационарная модель выбора стратегии одиночным агентом, принимающая во внимание новизну возможных действий, разные времена памяти человека на внешние и внутренние стимулы, а также индивидуальную оценку событий. С учетом сказанного выше, динамику поведения агента можно описать следующими: уравнениями [9]:

$$\begin{array}{l} q_i \quad r_i p_i^1 \quad q_i / T_q, \quad i \quad \overline{1, N} \\ a_i \quad {}_i p_i \quad a_i / T_a, \\ p_i \quad e^{q_i} \; a_i \Big/ \sum_{j \; 1}^{N} e^{q_j} \; a_j \; . \end{array} \quad , \qquad (1)$$

Здесь T_q и T_a – времена памяти агента, относящиеся соответственно к объективному и субъективному каналам, γ – параметр, связанный с отсутствием вознаграждения, а также субъективной оценкой событий индивидом (недооценка частых и переоценка редких ситуаций). Для упрощения модели все параметры r_i, φ_i, T_q, T_a, γ предполагаются фиксированными, причем для всех $i \quad \overline{1, N}$ $r_i=r$, $\varphi_i=\varphi$, $T_q<T_a$ [10]. Система уравнений (1) с различными наборами начальных данных решается методом Рунге – Кутты 4-го порядка, исследуются ее фазовые траектории, которые соответствуют стратегии, выбираемой агентом. Стоит отметить, что устойчивость системы (1) не изменятся при замене переменных вида

$$q_i \quad q_i \quad C_Q(t), \quad a_i \quad a_i \quad C_A(t) \; ,$$

где $C_Q(t)$ и $C_A(t)$ – произвольные функции времени t. Следовательно, без

ограничения общности можно выбирать начальные условия (при t=0), связанные соотношениями:

$$\sum_{i=1}^{N} a_i(0) = 0. \qquad \sum_{i=1}^{N} \quad (2)$$

Исследование фазовых траекторий системы (1) с начальными условиями, удовлетворяющими (2), проводится при значениях параметров γ=0.5, $\tau=T_q/T_a$=0.1, $T_q r$=5, $T_a \varphi$=2.

2.Результаты моделирования

В работе [9] получены фазовые траектории системы (1) при N=2. В случае возможности выбора из двух вариантов система имеет ровно один предельный цикл при любом наборе начальных данных, что говорит об устойчивости и однозначности выбора стратегии поведения агентом. Этот результат понятен с психологической точки зрения: при небольшом наборе возможных действий человек достаточно легко выберет собственную стратегию.

Однако при большем количестве вариантов динамика поведения агента существенно более сложная. Это отражают и фазовые портреты системы (1) при $N > 2$. На рис.2.1 представлены фазовые траектории при N=3. В зависимости от выбора начальных условий траектории стремятся к одному из двух устойчивых предельных циклов (аттракторов) в фазовой плоскости $\{q_1, q_2\}$, хотя и проецирующиеся на один и тот же аттрактор в плоскости $\{q_1, a_1\}$. Другими словами, при числе альтернатив N=3 стратегия поведения агента не является единственно возможной и зависит от начальных условий.

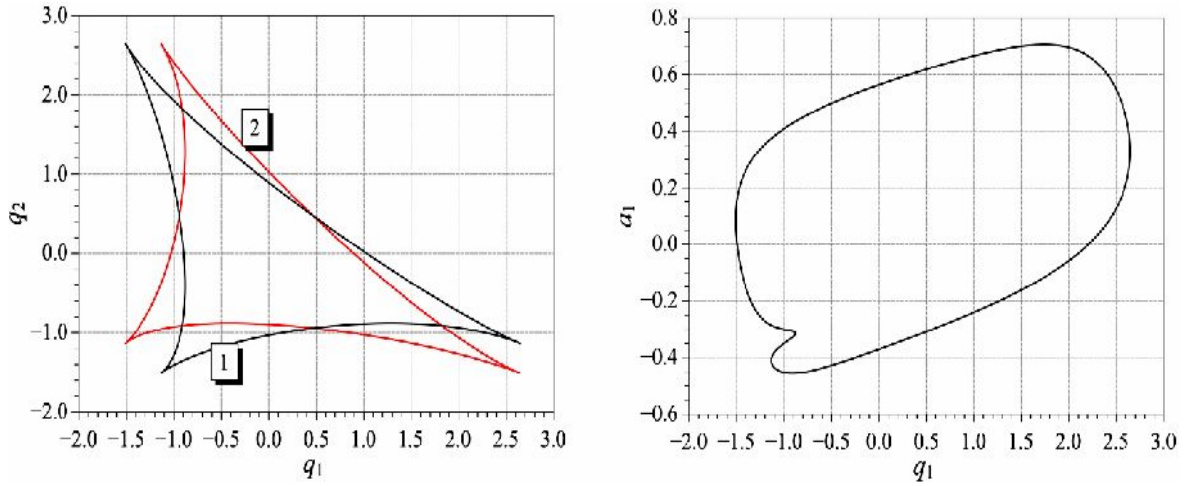


Рис.2.1. Предельные циклы при N=3 в плоскостях $\{q_1, q_2\}$ (слева) и $\{q_1, a_1\}$

При N=4 динамика системы (1) еще более нетривиальна. В этом случае в плоскостях $\{q_1, q_2\}$ и $\{q_1, a_1\}$ фиксируются соответственно 3 и 2 ат-

трактора существенно более сложной формы (рис.2.2), чем при N=3. Кроме того, при трех альтернативах фазовые траектории достаточно быстро выходят на аттрактор, а при N=4 процесс установления предельного цикла очень долгий и может содержать до 200 элементарных осцилляций.

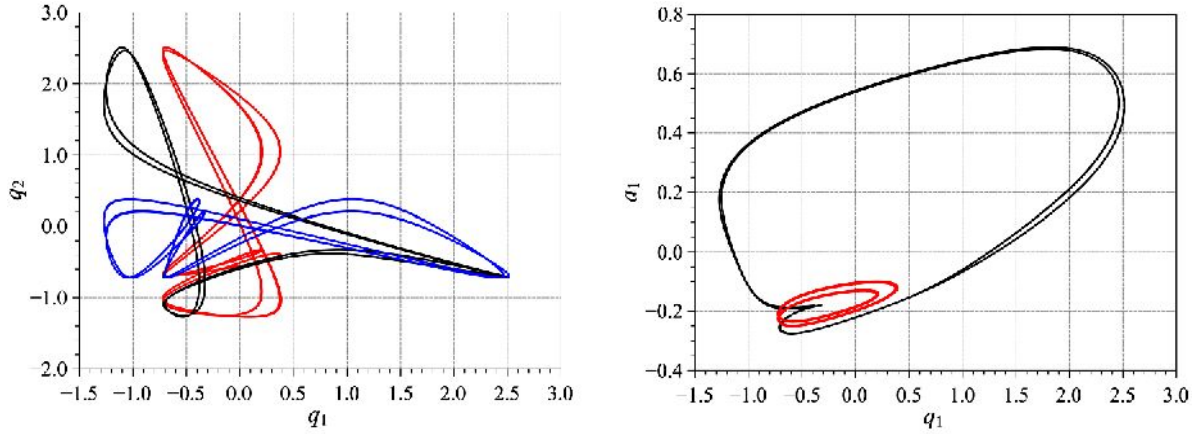


Рис.2.2. Предельные циклы в случае N=4 в плоскостях $\{q_1, q_2\}$ (слева) и $\{q_1, a_1\}$ при начальных данных $q_1(0)=-1$, $q_2(0)=0.2$, $q_3(0)=0.3$, $q_4(0)=0.5$ (и циклических перестановках), $a_i(0)=0$ при всех i=1,2,3,4

Заключение

Построена модель адаптации агента к различным условиям среды с учетом не только его рациональных мотивов, но и стремления к новизне. При числе возможных действий больше двух поведение неоднозначно и зависит от его предыстории. С ростом числа альтернатив не только расширяется спектр стратегий поведения, но и само поведение усложняется и увеличивается время его установления. Результаты построенной модели вполне согласуются с реальными наблюдениями, следовательно, она может быть применима к описанию социальных и психологических процессов.

Библиографический список

1. Лоскутов А.Ю. Нелинейная динамика, теория динамического хаоса и синергетика (перспективы и приложения). - URL.: http://www.cplire.ru/iso/InformChaosLab/chaoscomputerra/Loskutov.html.

2. Lubashevsky I., Plawinska N. Mathematical formalism of physics of systems with motivation. – URL:
http://arxiv.org/PS_cache/arxiv/pdf/0908/0908.1217v2.pdf.

3. Economics and sociophysics: trends and perspectives / B.K. Chakrabarti, A. Chakraborti, A. Chatterie (eds.). – Berlin: Wiley-VCH, 2006. – 622 p.

4. Mahnke R., Kaupuzs J., Lubashevsky I. Physics of stochastic processes. –

Berlin: Wiley-VCH, 2008. – 430 p.

5. Encyclopedia of complexity and systems science / R.A. Meyers (Editor-in-chief). – Berlin: Springer, 2009. – 10370 p.

6. Словохотов Ю.Л. Физика и социофизика. Ч. 1. Физические основы социальных явлений. Влияние солнечной активности на процессы в обществе. Движение в системе «живых частиц». – Пробл. управл. – 2012. – Вып. 1. – С. 2 – 20.

7. Marchi S., Page S. Agent-Based Models. – Annual Review of Political Science. – 2014. – V. 17. – P. 1 – 20.

8. Cloninger C. A unified biosocial theory of personality and its role in the development of anxiety states. – Psychiatric developments. – 1985. – V. 11; No. 3. – P. 167 – 226.

9. Zgonnikov A., Lubashevsky I. Unstable Dynamics of Adaptation in Unknown Environment due to Novelty Seeking. – Advances in Complex Systems. – 2014. – V. 17; No. 3 & 4. P. 1450013 (17 pp.).

10. Anderson J. How can the human mind occur in the physical universe? – New York: Oxford University Press, 2007.

УДК: 533.9

ВЕЙВЛЕТ-АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ КРАЕВОЙ ПЛАЗМЫ СТЕЛЛАРАТОРА Л-2М В УСЛОВИЯХ МЕДЛЕННЫХ ТРАНСПОРТНЫХ ПЕРЕХОДОВ

Маслов С.А.[1], Васильков Д.Г.[2], Хольнов Ю.В.[2],Скворцова Н.Н.[2, 3]
[1]МГТУ МИРЭА, Москва, Россия
[2]Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН, Москва, Россия

Введение

Впервые эффект улучшения удержания плазмы в установке Л-2М на стационарной стадии разряда был обнаружен при мощности нагрева более 250 кВт [1]. Он проявлялся в виде кратковременного процесса, сопровождавшегося ростом энергии и плотности плазмы до 15% и существенным изменением структуры края плазменного шнура.

В настоящем исследовании показано, что транспортные переходы (ТП) в плазме могут быть не только кратковременными, как классические L-H – переходы [1], но и представлять собой сравнительно медленный процесс длительности около 0.5 – 1 мс. Получены радиальные профили электронной плотности плазмы в различных условиях удержания. Прове-

ден вейвлет-анализ [2] исследуемых сигналов с использованием функций типа «мексиканской шляпы», вейвлетов Морле и Хаара [3]

1.Эксперимент и обработка сигналов

Создание и нагрев плазмы стелларатора Л-2М [1] осуществляются ЭЦР-методом при помощи гиротронного комплекса МИГ-3 [4]. Максимальная мощность в опытах составляет 500 кВт. Для измерения плавающего потенциала V_f краевой области плазмы и осциллирующих магнитных полей $B_{osc\,1}$ и $B_{osc\,2}$ используются соответственно ленгмюровские и магнитные зонды. Исследуются четыре сигнала, в каждом из которых наблюдается ТП. Частота оцифровки в экспериментах составляет 1 МГц. Построение вейвлет-спектра (скалограммы) V_f и кросс-спектра [2] магнитных полей осуществляется с помощью языка MATLAB.

Для анализа флуктуаций параметров используются базисные вейвлеты: «мексиканская шляпа», функции Морле и Хаара. Первые два вейвлета хорошо локализованы в пространстве и времени, благодаря чему широко применяются для анализа плазменных сигналов в стеллараторах и токамаках [5]. Вейвлет Хаара – разрывная функция с существенно худшей локализацией, нежели предыдущие, поэтому реже применяется для анализа плазменных процессов. Одна из немногих областей ее использования – изучение солнечного ветра [6]. Но, как будет показано ниже, применение функции Хаара может приводить к более значительным результатам, чем использование вейвлетов двух других типов.

2.Результаты экспериментов

Исследовались сигналы с медленными ТП в интервале времени 52–60 мс с начала эксперимента (гиротроны включаются на 47 мс и выключаются на 60 мс). Наблюдаемые эффекты отличались от процессов, сопутствующих резким ТП [7]. Фиксировался не быстрый рост, а скорее, стабилизация плотности плазмы n_e (реже незначительное повышение). Переход в каждом из сигналов отмечался на 55 – 57 мс и длился 0.5 – 1.5 мс. На рис. 2.1 – 2.4 временная область ТП ограничена штриховыми линиями.

Ленгмюровские зонды также отслеживали заметное изменение параметров плазмы (рис.2.1). В разряде № 19124 после перехода увеличиваются флуктуации V_f, в ходе ТП фиксируются минимумы амплитуды колебаний V_f приблизительно на 56.7 и 56.88 мс, максимумы – на 56.62, 56.81 и 56.91 мс (рис.2.2). В разряде № 19166 фиксируется появление кратковременных иглообразных вспышек.

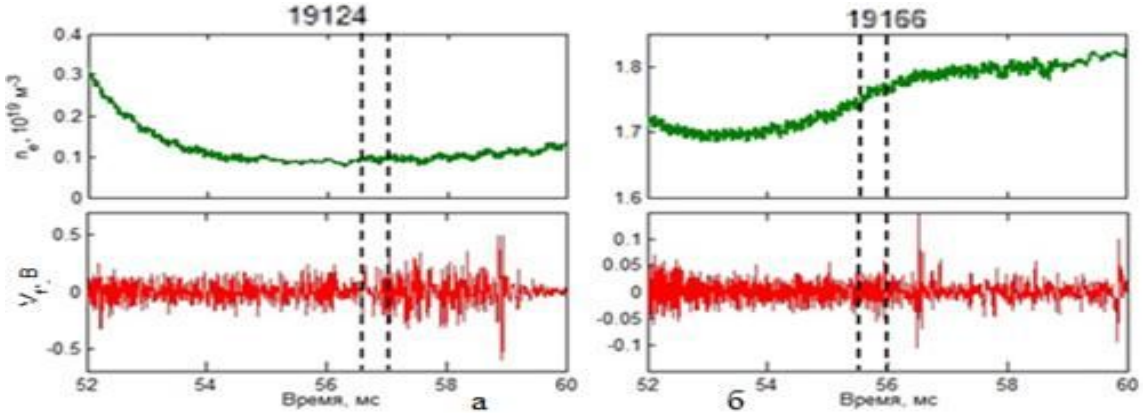


Рис.2.1. Плотность плазмы (вверху) и флуктуации потенциала сигналов 19124 (а) и 19166 (б)

На рис.2.2 изображены скалограммы потенциала сигналов 19124 и 19166. Все графики показывают падение флуктуаций V_f в начале ТП и их возрастание после перехода в разряде 19124, однако только вейвлет Хаара позволяет зафиксировать все выше перечисленные экстремумы амплитуды колебаний потенциала. Эта функция не дает размытия спектра, поэтому дает возможность наиболее детально описать временную эволюцию характеристик как быстрых [8], так и медленных ТП.

В случае разряда № 19166 все вейвлеты отражают уменьшение флуктуаций V_f перед ТП, их усиление в процессе перехода и появление иглообразных вспышек после него. Однако скалограмма, построенная с использованием функции Хаара, оказывается наиболее надежной, как и в предыдущем случае.

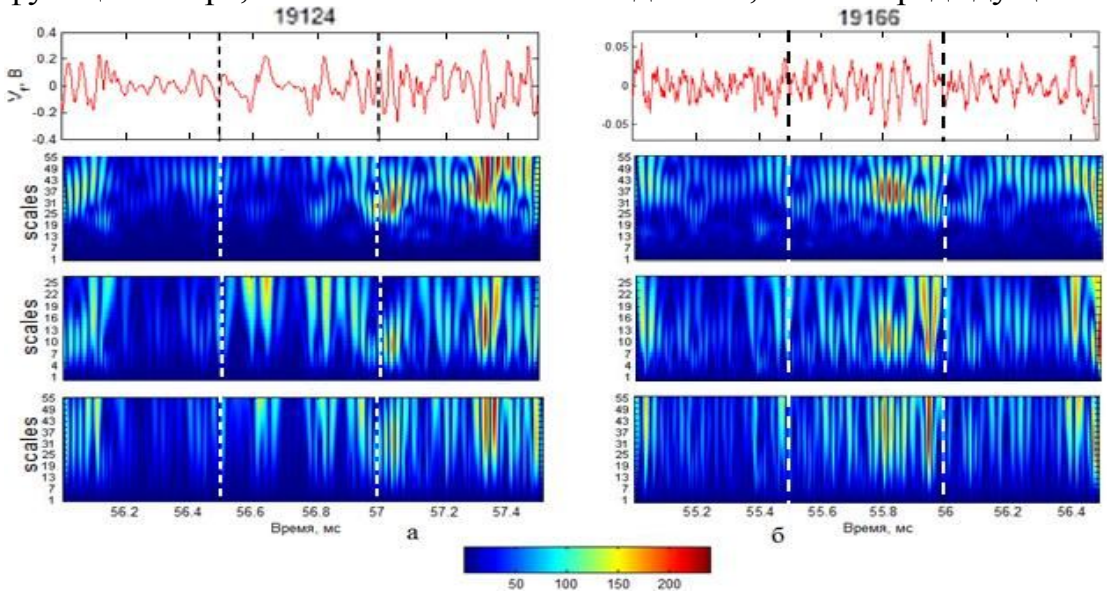


Рис.2.2. Сверху вниз: флуктуации V_f, скалограммы с использованием вейвлетов Морле, «мексиканской шляпы» и Хаара:
а) сигнал 19124; б) 19166

В ходе эксперимента также было исследовано изменение магнитного поля сигналов 19140 и 19141 до и после ТП. На рис.2.3 приведены графики эволюции n_e и $dB_{osc\ 1,2}/dt$ с двух разных зондов. Фиксируется незначительный рост флуктуаций магнитного поля сигнала 19140, в разряде 19141 колебания ослабевают после ТП.

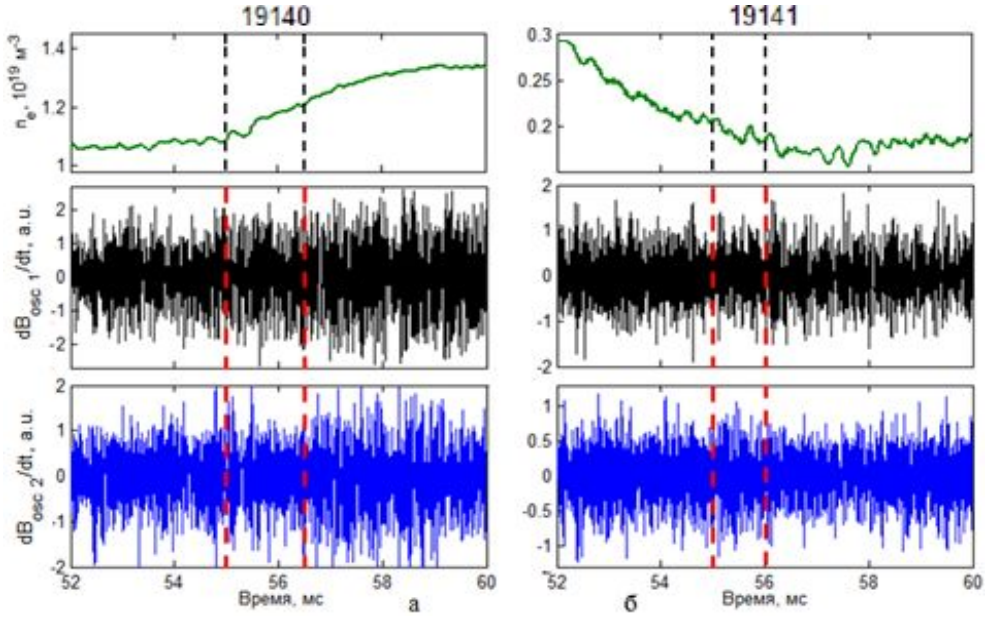


Рис.2.3. Сверху вниз: плотность плазмы, осциллирующие магнитные поля с двух зондов для сигналов 19140 (а) и 19141 (б)

Корреляция $dB_{osc\ 1,2}/dt$ претерпевает более существенные изменения. В разряде 19141 (рис.2.4) фиксируется резкое ослабление флуктуаций параметра перед ТП (54.7 – 55 мс) и в конце перехода (55.7 – 56 мс) и их усиление после ТП. Однако график, построенный с использованием функции Морле, сильно размыт, в то время как два других спектра с большой точностью описывают эволюцию корреляции $dB_{osc\ 1,2}/dt$. В разряде 19140 заметных изменений данной характеристики не зафиксировано.

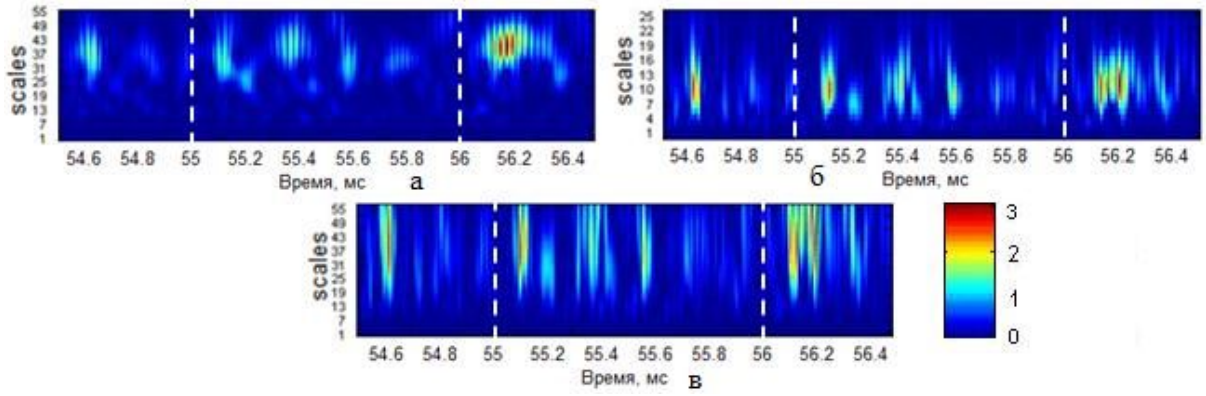


Рис.2.4. Кросс-спектры производной магнитных полей 19141, построенные с помощью функций Морле (а), «мексиканской шляпы (б) и Хаара (в)

Заключение

В стеллараторе Л-2М при мощности нагрева более 250 кВт обнаружены спонтанные переходы в режим с улучшенным удержанием. В ходе медленных ТП плотность плазмы обычно стабилизируется, поведение потенциала и магнитного поля заметно меняется. Эти изменения характеристик сигналов отражаются на всех вейвлет-спектрах, построенных в настоящей работе. Однако вейвлет Хаара дает наиболее подробное и детальное описание процессов, поэтому данная функция может найти успешное применение в физике плазмы.

Библиографический список

1. Sandwich structure of plasma edge during transition to improved confinement regime in L-2M stellarator / Shchepetov S.V., Kholnov Yu.V., Fedyanin O.I. et al // Plasma Phys. Control. Fusion. – 2008. – V. 50 045001. – 16 pp.

2. Wavelet bicoherence: A new turbulent analysis tool / Van Milligen B.Ph., Sanchez E., Estrada T. et al // Phys. Plasmas. – 2005. – V. 2. – P. 3017 – 3032.

3. Добеши И. Десять лекций по вейвлетам. – Ижевск, 2001. – 464 с.

4. Новый гиротронный комплекс МИГ-3 для создания и нагрева плазмы в стеллараторе Л-2М и результаты первых экспериментов / Харчев Н.К., Батанов Г.М., Белоусов В.И. и др. // Тезисы докладов XL Звенигородской конференции по физике плазмы и УТС, 2012. – С. 25

5. Studies in fluctuations in the high-temperature plasma of modern stellarators by the microwave scattering technique / Batanov G.M., Kolik L.V., Petrov A.E. et al // Plasma Phys. Reports. – 2003. – V. 29. – P. 363 – 379.

6. Solar wind magnetohydrodynamics turbulence: anomalous scaling and role of intermittency / Salem C., Mangeney A., Bale S.D., Veltri P. // The Astrophysical Journal. – 2009. V. 702. – P. 537 – 553.

7. Васильков Д.Г., Хольнов Ю.В., Щепетов С.В. Дальние пространственные корреляции в турбулентной приграничной плазме стелларатора Л-2М // Физика плазмы. – 2013. – Т. 39. - № 8. – С. 694 – 703.

8. Вейвлет-анализ эволюции спектральных характеристик флуктуации краевой плазмы в стеллараторе Л-2М в условиях быстрых транспортных переходов / Маслов С.А., Васильков Д.Г., Хольнов Ю.В., Скворцова Н.Н. // Тезисы докладов XLII Звенигородской конференции по физике плазмы и УТС, 2015. – С. 121

УДК 537.86, 537.876, 533.9

ПЛАЗМЕННЫЙ РЕЛЯТИВИСТСКИЙ СВЧ-ГЕНЕРАТОР БЕЗ СИЛЬНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ

И.Л. Богданкевич[1,2] (ira.bogdankevich@mail.ru),
В.О. Литвин[3] (litiy-ltk@mail.ru),
О.Т. Лоза[3,4] (oleg.loza@list.ru)

[1]Институт общей физики им. А.М. Прохорова, Москва, Россия
[2] МГТУ МИРЭА, Москва, Россия
[3]Российский университет дружбы народов, Москва, Россия
[4]Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», Москва, Россия

Эффективность мощного СВЧ-генератора в значительной степени определяется необходимостью применения сильного магнитного поля для формирования электронного потока, система создания которого с помощью мощных соленоидов может потреблять свыше 90% общих затрат энергии. Именно поэтому популярность приобрели СВЧ-генераторы без внешнего магнитного поля, такие виркатор и СВЧ-генератор на линии с магнитной самоизоляцией (magnetically insulated transmission line oscillator, MILO [1]), так и не приобретший устойчивой аббревиатуры в русском языке. Эффективность экспериментальных виркаторов достигает заметных величин ~5% только за счет применения резонансного рефлектора, сужающего спектр СВЧ-генерации до ~ 1% [2]. MILO представляет собой аналог лампы обратной волны М-типа с эффективностью ~10% и металлической замедляющей структурой, определяющей постоянную частоту генерации и узкий спектр.

Высокоэффективная генерация широкополосного излучения суб- и гигаваттной мощности традиционно осуществляется в виде коротких видеоимпульсов [3], но этот способ эффективен лишь для частот ~1…3 ГГц и ниже. Диапазон 2…30 Гц перекрывает перестраиваемый по частоте плазменный релятивистский СВЧ-генератор с мощностью 50 МВт, обладающий к тому же и изменяемой шириной спектра от 1% до 100% [4]. Однако «электронный» КПД этого прибора ~5% падает на порядок и более при учете расходов энергии на создание магнитного поля, транспортирующего сильноточный электронный пучок.

В настоящей работе предлагается способ генерации мощных СВЧ-импульсов в широкой полосе частот, сочетающий в себе достоинства MILO и плазменного СВЧ-генератора. Фактически, в известной конструкции MILO

пространственно-периодическая замедляющая структура заменяется плазмой, в результате чего получается конфигурация, показанная на рис.1.

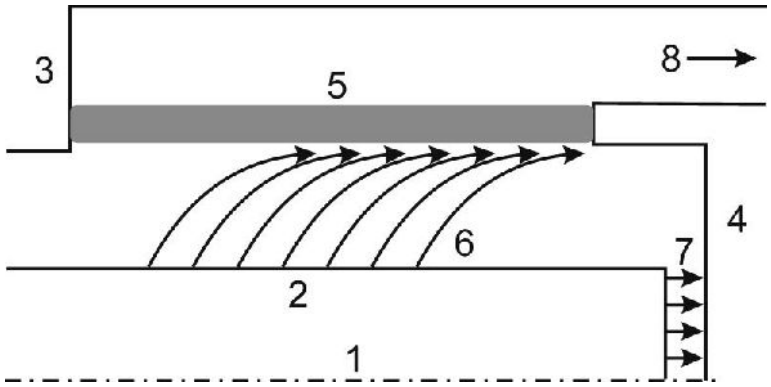


Рис.1. Плазменный СВЧ-генератор на линии с магнитной самоизоляцией: 1 – ось симметрии; 2 – катод; 3 – анод; 4 – коллектор; 5 – плазма; 6 – электроны с боковой поверхности катода; 7 – электроны с торцевой поверхности катода; 8 – выход СВЧ-волны

Ось 1 определяет аксиальную симметрию всей системы. На катод 2 подается импульс высокого напряжения относительно заземленных анода 3 и коллектора 4. Трубчатая плазма 5 играет роль замедляющей структуры, способ ее создания описан ниже. Ток электронов с катода включает в себя ток с его боковой поверхности 6 и ток с торцевой поверхности 7. Электроны с боковой поверхности катода 6 двигаются в скрещенных полях, азимутальном магнитном поле тока катода и радиальном электрическом поле. Эти электроны подлетают к плазме и возбуждают в ней медленную волну, частота которой зависит от концентрации плазмы, и которая переизлучается в волну коаксиального волновода 8.

Численные расчеты проводились с помощью кода Карат [5]. Электроны задавались как крупные частицы (PIC-методом, particle-in-cell), плазма моделировалась по модели Друде [6] как неизменная по геометрии среда с определенными свойствами. По сравнению с представлением плазмы по PIC-методу такой подход несколько проигрывает в точности, но дает существенный выигрыш по времени расчета, что очень важно при поисковых исследованиях. Потенциал катод задавался равным -500 кВ, полный ток, определяемый в значительной степени током электронов с торца катода 7 на коллектор 4, был равен примерно 20 кА. Поперечные размеры: радиусы катода 1.5 см, коллектора 4 см и анода 5.5 см.

На рис.2 показана зависимость мощности излучения на выходе устройства от времени для концентрации плазмы $0.6\cdot10^{12}$ см$^{-3}$, эта мощность примерно равна 0.9 ГВт.

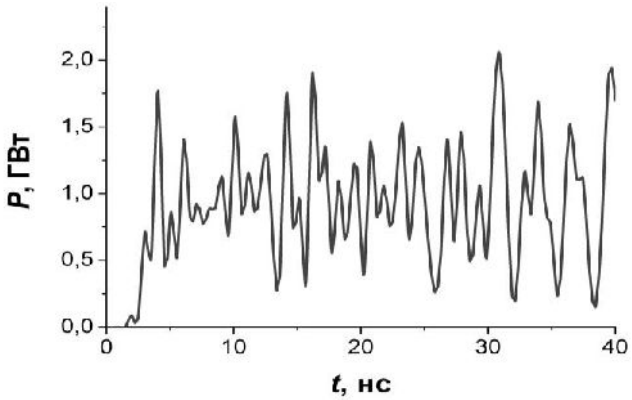


Рис.2. Зависимость мощности СВЧ-излучения от времени для концентрации плазмы 0.6·10^{12} $см^{-3}$

Излучение состоит из низкочастотной фракции (<1 ГГц) и высокочастотной волны (рис.3), частота которой определяется концентрацией плазмы. В дальнейшем только эта часть излучения будет учитываться при подсчете эффективности СВЧ-генератора.

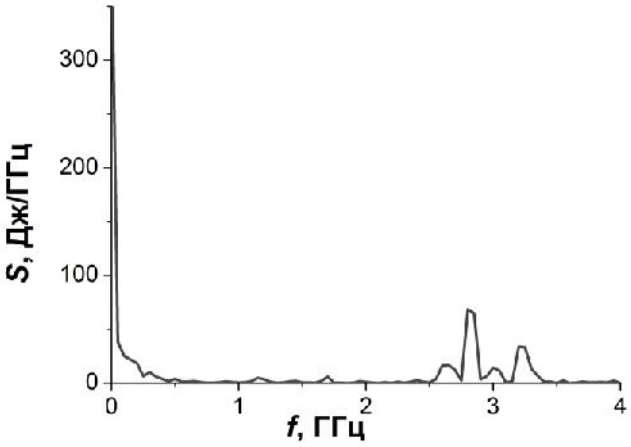


Рис.3. Спектр СВЧ-излучения для концентрации плазмы 0.6·10^{12} $см^{-3}$

Как и во всех плазменных релятивистских СВЧ-генераторах, в предлагаемом устройстве частота СВЧ-волны определяется заранее создаваемой плазмой. На рис.4 показаны зависимости мощности излучения частот свыше 1 ГГц, а также частоты излучения от концентрации плазмы. При изменении концентрации в диапазоне (0.2…1.5)·10^{12} $см^{-3}$ мощность высокочастотной части излучения остается примерно на постоянном уровне ~0.4 ГВт, тогда как частота меняется примерно от 2 ГГц до 9 ГГц. При увеличении концентрации плазмы свыше (1.5…2.0)·10^{12} $см^{-3}$ мощность высокочастотной части излучения резко снижается до уровня ~0.1 ГВт, однако излучение генерируется на частотах до 14 ГГц.

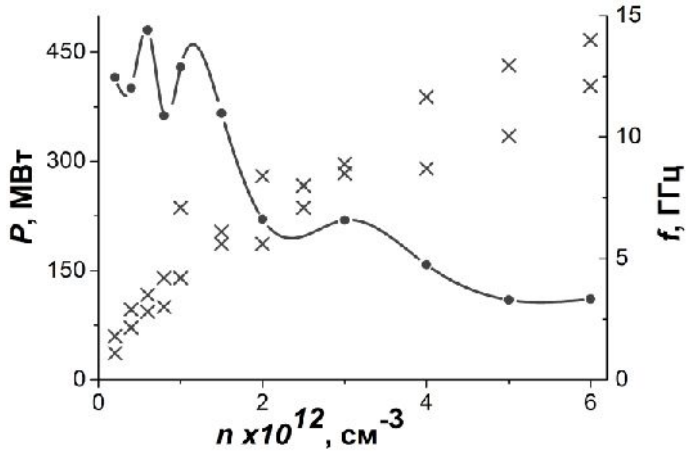


Рис.4. Зависимости мощности P и частоты f СВЧ-излучения от концентрации плазмы

Предлагаемый способ генерации СВЧ-импульсов в широкой полосе частот не требует формирования сильноточного потока релятивистских электронов, однако требует формирования трубчатой плазмы. Такая плазма может быть создана специальным потоком электронов (600 эВ, 30 А), ионизирующим газ при давлении ~0.1 Па в течении 10…100 мкс [**Ошибка! Закладка не определена.**]. Для этого необходимо продольное магнитное поле, в котором диаметр ларморовской окружности электрона с энергией 600 эВ равняется толщине плазмы 0.5 см, т.е. поле с индукцией 200 Гс. Это поле значительно слабее, чем внешнее поле в плазменных СВЧ-генераторах (~1 Тл), и даже меньше азимутального магнитного поля тока по катоду. Расчеты показали, что добавление такого слабого продольного магнитного поля в систему практически не меняет ни мощность, ни спектр излучения при небольшой корректировке геометрии.

Более точные расчеты, ориентированные на практическое воплощение предлагаемого СВЧ-генератора, будут проводиться с учетом указанного слабого продольного магнитного поля по методу крупных частиц для всех электронов и ионов плазмы, учитывающим их движение, как это делалось, напр., в [7]. Тем не менее, возможность создания мощного СВЧ-генератора с перестройкой частоты излучения и отсутствием сильного магнитного поля, демонстрируется показанными здесь результатами.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ проект № 13-08-00414_а.

Библиографический список

1. M.C. Clark, B.M. Marder and L.D. Bacon. Magnetically insulated

transmission line oscillator // Appl. Phys. Lett. 52, 78 (1988).

2. С.А.Кицанов, А.И.Климов, С.Д.Коровин. Виркатор с предмодуляцией электронного пучка на основе сильноточного импульсно-периодического ускорителя // ЖТФ, 2002, том 72, вып. 5, с.82.

3. Ph. Delmote, F. Bieth, S. Pinguet, Performances of a compact, high-power, electromagnetic source with circular polarization // Proc. European Electromagnetics Symposium EUROEM 2012, 2-6 July 2012, Toulouse, France, p. 225.

4. 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.

5. Tarakanov V.P. User's Manual for Code KARAT // BRA Inc. Va. USA., 1992.

6. Drude P. Zur Elektronentheorie der Metalle // Ann.d.Phys. 1900. V. 1., P. 566.

7. Ернылева С.Е., Литвин В.О., Лоза О.Т., Богданкевич И.Л. Перспективный источник мощных широкополосных СВЧ-импульсов с изменяемой до двух октав частотой излучения // ЖТФ, 2014, т.84, вып.8, с. 127-131.

УДК 537.86, 537.876, 533.9

МОДЕРНИЗАЦИЯ ВЫХОДНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ПЛАЗМЕННОГО РЕЛЯТИВИСТСКОГО СВЧ-ИСТОЧНИКА

Андреев С.Е.[1,2], Крымов Р.Р.[1]
[1]МГТУ МИРЭА, Москва, Россия,
[2]Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской Академии наук, Москва, Россия

Введение

В настоящее время проводится много экспериментов по усилению СВЧ-излучения с помощью плазменных релятивистских СВЧ-усилителей (ПРУ) [1,2]. В них трубчатый релятивистский электронный пучок взаимодействует с трубчатой плазмой посредством черенковского резонаса. В результате взаимодействия получается ТЕМ волна коаксиального волновода, которая поступает в выходную часть ПРУ. Для вывода в открытое пространство используется круглая рупорная антенна. Чтобы обеспечить питание данной антенны и требуемую диаграмму направленности необходимо преобразовать получившуюся ТЕМ волну

в волну H11 круглого волновода и запитать ею антенну. Это обеспечивает преобразователь основной волны коаксиального волновода в основную волну круглого волновода (далее преобразователь). Однако в последнее время выявились ряд недостатков конструкции мешающих эффективному использованию существующего преобразователя. Для устранения проблемы в САПР Ansoft HFSS был разработан и смоделирован новый преобразователь.

Моделирование преобразователей TEM01 волны в H11

В данном САПР была смоделирована более старая версия преобразователя, внешний вид которого показан на рис.1. Параметры моделирования указаны в табл. 1.

Таблица 1

Максимальное количество интерполяций	20	Шаг частотной сетки	10 МГц
Отклонение s-параметров	0.01	Начальная частота обработки	0.1 ГГц
Количество возбуждаемых мод на входе	1	Конечная частота обработки	10 ГГц
Количество тетраэдров в разбиении модели	105181	Тип перестройки частоты	Интерполяционный

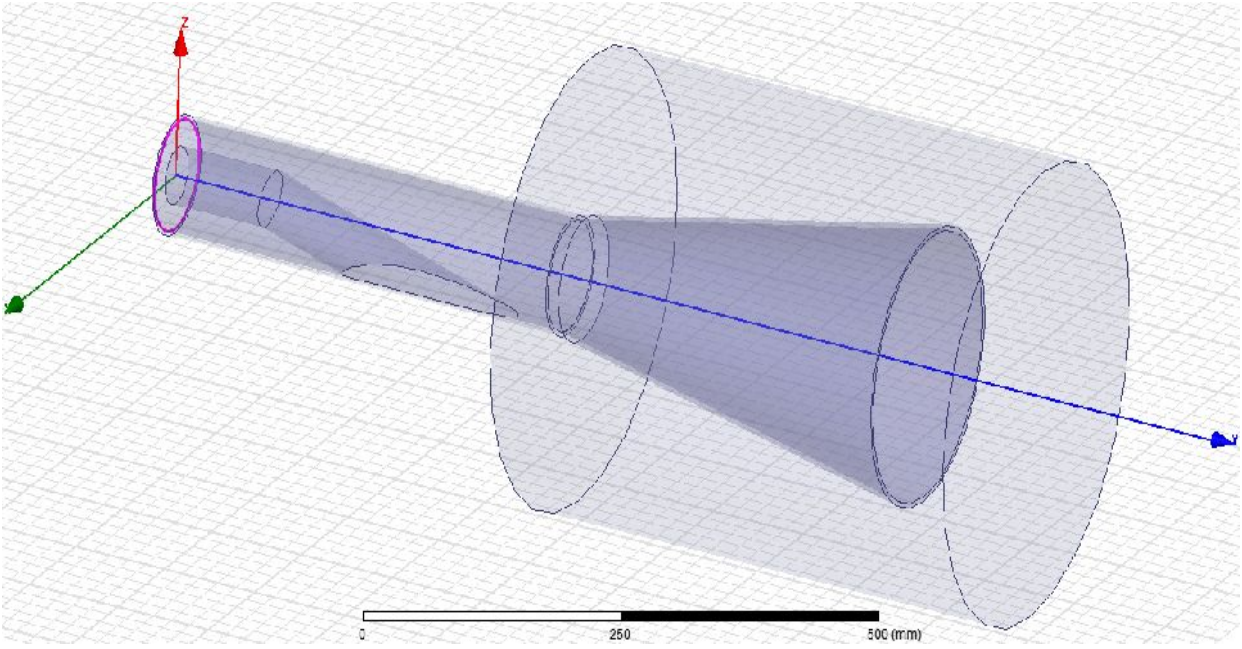


Рис.1. Внешний вид преобразователя с преобразованием в фидере рупорной антенны

В результате моделирования получилась амплитудно-частотная характеристика (АЧХ), показанная на рис.2. Данная АЧХ имеет несколько провалов на частоте 2.05 ГГц и 2.7 ГГц, а также слишком низкую частоту отсечки 1.9 ГГц. Данные провалы связаны с прекращением преобразования ТЕМ моды в моду Н11. Вместо этого ТЕМ мода преобразуется в гибридную моду которая имеет довольно высокую частоту отсечки при распространении в круглом волноводе, вследствие чего она отражается от преобразователя.

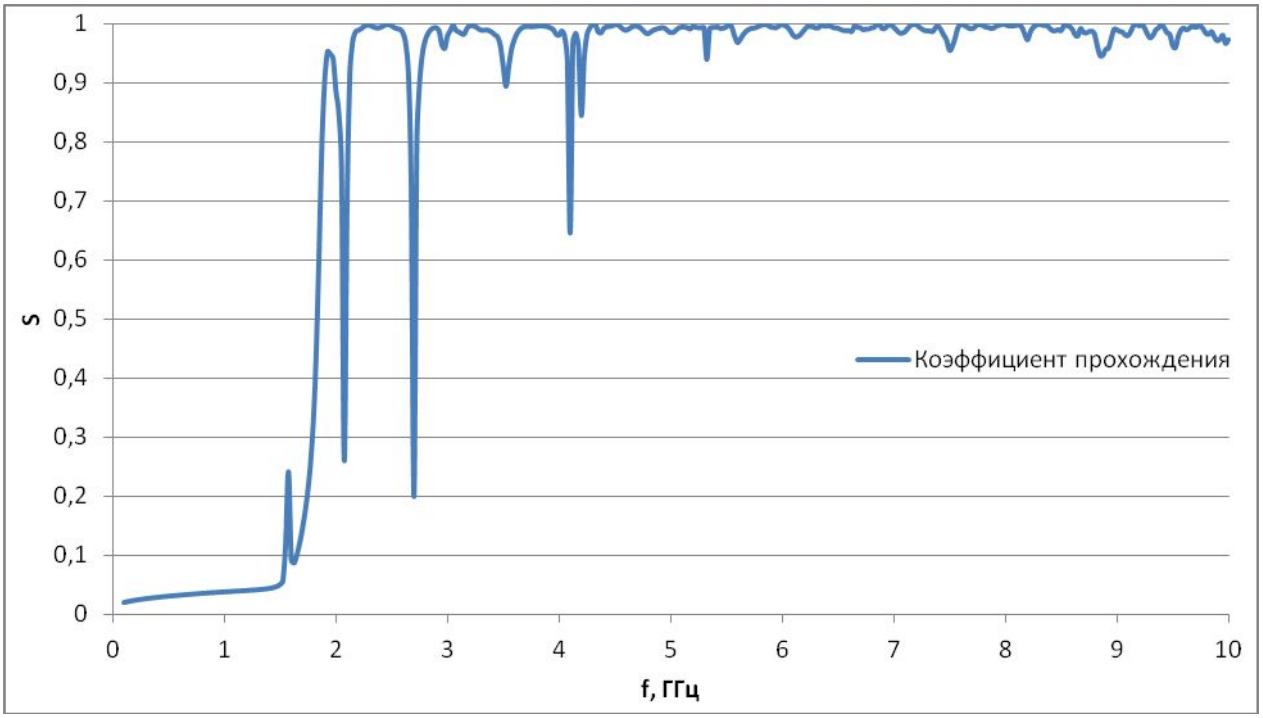


Рис.2. АЧХ преобразователя с преобразованием
в фидере рупорной антенны

С учетом данного факта было решено изменить место преобразования и поставить преобразователь в более широкую часть круглого волновода, а именно непосредственно в рупор антенны. Внешний вид предложной модификации представлен на рис.3. Параметры моделирования указаны в табл. 2.

Таблица 2

Максимальное количество интерполяций	20	Шаг частотной сетки	10 МГц
Отклонение s-параметров	0.01	Начальная частота обработки	0.1 ГГц
Количество возбуждаемых мод на входе	1	Конечная частота обработки	10 ГГц
Количество тетраэдров в разбиении модели	114780	Тип перестройки частоты	Интерполяционный

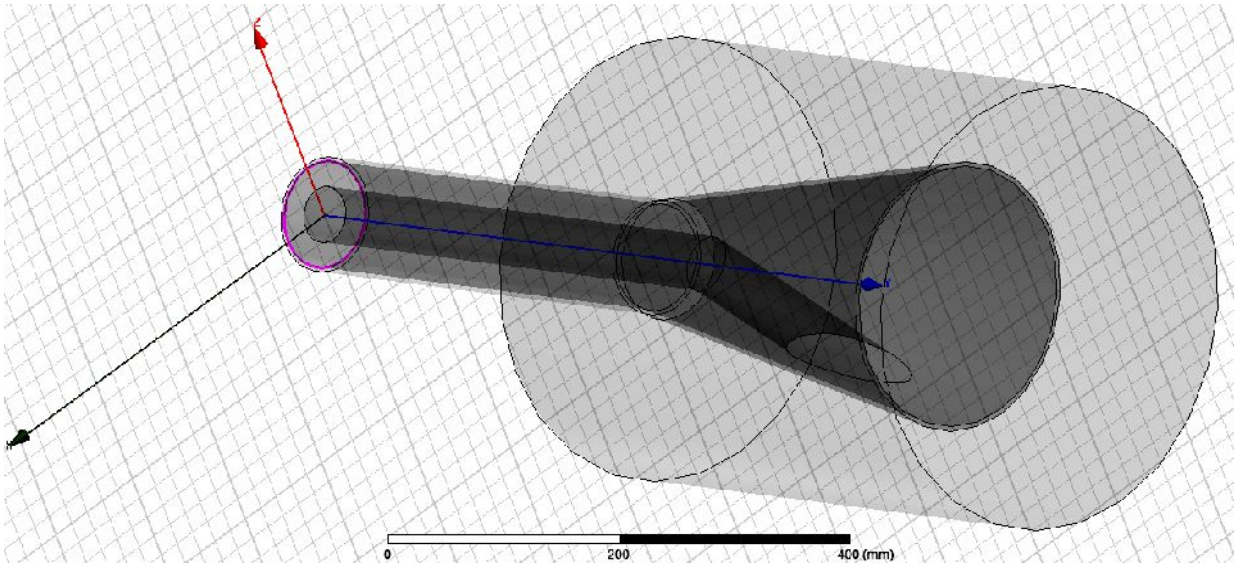


Рис.3. Внешний вид преобразователя с преобразованием в рупоре антенны

Из АЧХ, представленной на рис.4 видно что провалы в АЧХ стали намного меньше (0.2 против 0.8 в старом варианте) и частота отсечки стала равна 1 ГГц.

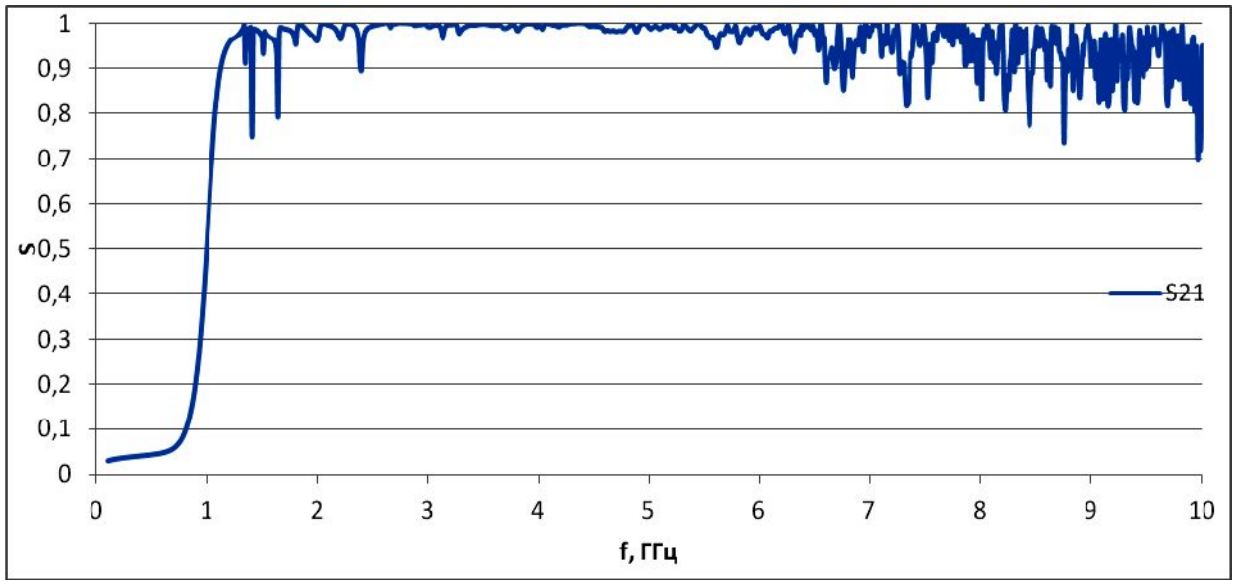


Рис.4. АЧХ преобразователя с преобразованием в рупоре антенны

Однако у данной конструкции есть недостатки. Проявляются они прежде всего в наборе мод выходной волны излучателя. Для демонстрации этого на рис.5 и 6 представлены графики коэффициента передачи по мощности для каждой из моделируемых мод. Они представлены с накоплением для лучшей наглядности.

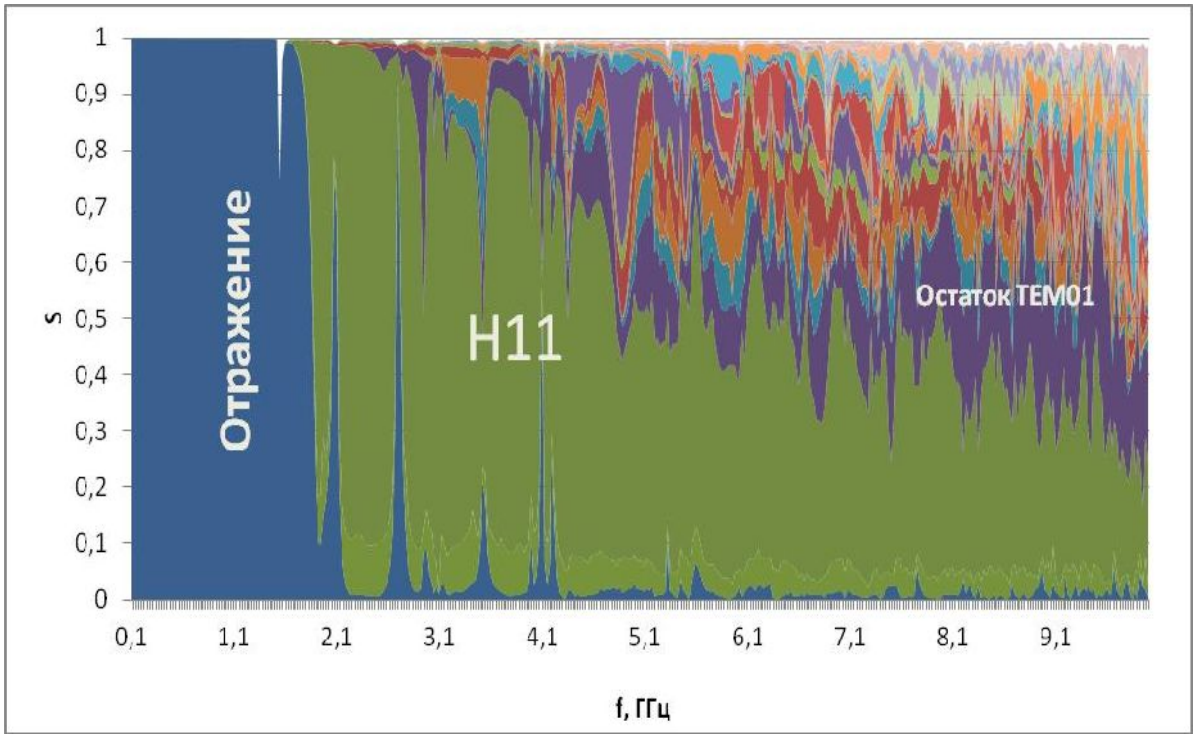


Рис.5. Модовый состав выходной волны преобразователя
с преобразованием в фидере рупорной антенны

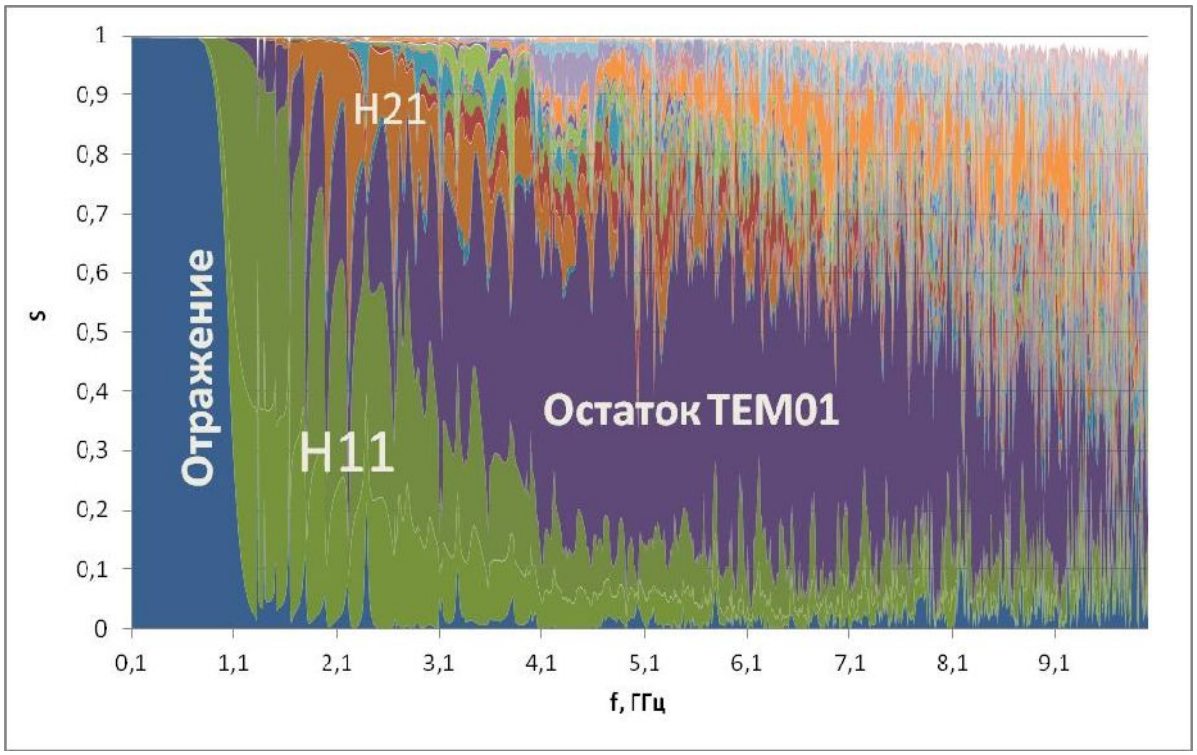
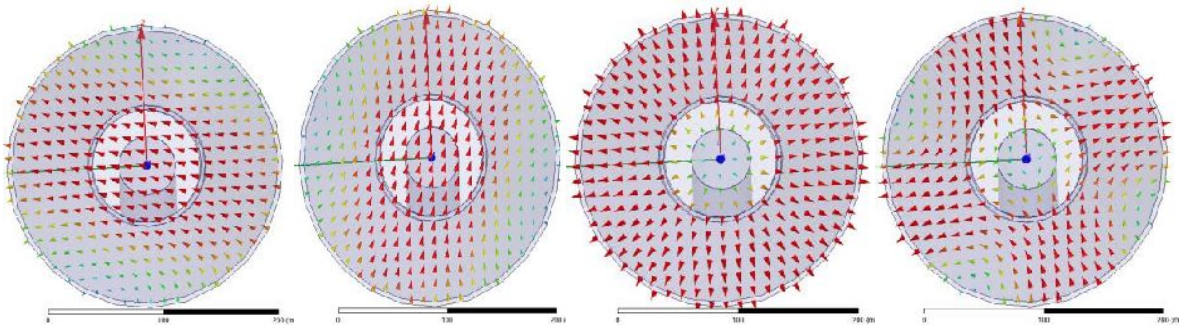


Рис.6. Модовый состав выходной волны преобразователя
с преобразованием в рупоре антенны



а) б) в) г)

Рис.7. Моды с наибольшим вкладом: (а) и (б) – мода H11 с разной поляризацией, (в) – остаточная мода после преобразования TEM волны в H11, (г) – мода H21

Как видно из рис.5 и 6 в первом варианте доля основной моды (рис.7,*а*,*б*) круглого волновода в мощности выходного СВЧ- излучения была больше половины в диапазоне от 1.9 ГГц до 5.5 ГГц. В предложенной модификации диапазон гораздо уже: от 1 ГГц до 2.7 ГГц. Кроме того во втором варианте побочные моды преобразователя (рис.7,*в*,*г*) вносят значительный вклад в выходную мощность начиная с 5 ГГц.

Заключение

Предложенная модификация обладает более гладкой формой АЧХ и более меньшей частотой отсечки, что хорошо для вывода импульсов с краткой длительностью. Однако новая модификация имеет большее количество мод в выходном СВЧ излучении, что приводит к появлению дополнительных лепестков у диаграммы направленности рупора.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ проект № 14-08-31206_мол_а.

Библиографический список

1. Богданкевич И.Л., Гришин Д.М., Гунин А.В. и др. // Физика плазмы. 2008. Т. 34. №10. С. 926.

2. Ulyanov D.K., Bogdankevich I.L., Ivanov I. E., et al. // 16th International Symposium on High-Current Electronics (16th SHCE), 2010, 19-24 Sept, Tomsk, P. 408-410.

УДК 53.06

СУПЕРСТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ИСКАЖЕНИЙ ПРОФИЛЯ ЛАЗЕРНОГО ПУЧКА В ОПТИЧЕСКИХ КАНАЛАХ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Комаров А.Г.
ОАО «МНИИРС», Москва, Россия

Введение

Создание систем оперативного контроля и прогнозирования состояния оптической трассы – актуальная задача для адаптивных режимов работы оборудования. Современные высокоскоростные эксплуатационные режимы открытых оптических каналов передачи данных требуют оценки состояния канала на интервале времени в несколько миллисекунд.

Канал передачи данных – открытая термодинамически неравновесная, пространственно неоднородная, нестационарная система – может быть описан как многофазная аэродинамическая среда. Доля присутствия каждой из фаз, закономерности фазовых переходов отображаются в спектре неэкстенсивной энтропии как функции внутренней энергии системы. Пространственно-временные параметры среды «отпечатываются» в модуляции оптической плотности канала и, соответственно, в пространственно-временных модуляциях диаграммы направленности сигнального пучка. Описание неравновесной системы выполним в концепции суперстатистики, оперирующей с обобщенными внутренними термодинамическими параметрами, вводимыми в условиях сильных флуктуаций локальных термодинамических характеристик. Трассу открытого оптического канала представим как совокупность находящихся в режиме тепло- и массопереноса элементарных объемов, в каждом из которых на заданном интервале времени успевает установиться термодинамическое равновесие с больцмановским фактором *в*. Для рассматриваемого разбиения трассы допустимо определить распределение вероятности для больцмановского фактора *p(в)*, удовлетворяющее условию нормировки и согласующееся с общепринятыми физическими моделями [1]. Обобщенный больцмановский фактор для системы с внутренней энергией *E* определим следующим образом:

$$E \quad p \quad e \quad d, \qquad (1)$$

$$0$$

фактически соответствующим отображению Лапласа. Профиль функции *p(β)* определяет тип суперстатистической модели, – однородной, двухуровневой, гамма типа, лог-нормального типа, χ^2 типа [2].

1. Методика эксперимента

Экспериментальные выборки, рассматриваемые ниже, получены на лабораторной трассе варьируемой длины (от 2-х до 12-ти метров) с вносимыми аэродинамическими и термическими возмущениями, способствующими развитию турбулентных режимов вплоть до режима когерентной турбулентности [3]. Временной ряд распределений интенсивности сигнального пучка в плоскости регистрации фиксировался с частотой 400 кадров в секунду, превышающей характерные частоты флуктуационных процессов на трассе. Профиль интенсивности каждого кадра выборки отображает пространственно-временную модуляцию оптической плотности, соответствующую турбулентным возмущениям плотности и температуры среды. Кадр экспериментальной выборки представляет собой элемент статистического ансамбля и может быть рассмотрен как реализация двумерного стохастического процесса.

2. Узкоракурсный метод

Для изучения статистических свойств парциальных областей в плоскости изображения использована матрица субапертур с зоной покрытия, сравнимой с масштабами анализируемого изображения, и размерами отдельного элемента, сравнимого с характерным масштабом наблюдаемых неоднородностей в распределении интенсивности возмущенного пучка. Основной признак наблюдаемых вариаций распределений интенсивности - быстрая и глубокая модуляция средней интенсивности в каждой из субапертур, а также многообразие реализуемых профилей распределения интенсивности для отдельных кадров. Однопараметрическое описание подобных процессов возможно выполнить, используя аппарат неравновесной статистической механики. Искажения профиля сигнального пучка несут информацию и о нестационарных процессах на трассе, поэтому принятый для анализа подобных нестационарных процессов аппарат оказывается весьма результативным.

Согласно концепции суперстатистики статистические свойства исследумоего канала описываются на макроуровне логнормальным распределением, представляющем мультипликативную статистику. На рис.1 и рис.2 представлены экспериментально полученные для центральной апертуры зависимости наиболее вероятного значения функции распределения интенсивности и ее ширины, дисперсии, от температуры (верхний ряд) и ветровой нагрузки (нижний ряд). Оценки проводились для френелевского (рис.1) и эрмит-гауссова (рис.2) пучков [4]. Переход от одного режима к другому при любой ветровой нагрузке характеризует присутствие некоторой «критической» точки. Для всех режимов критическая температура составила 75 град.С.

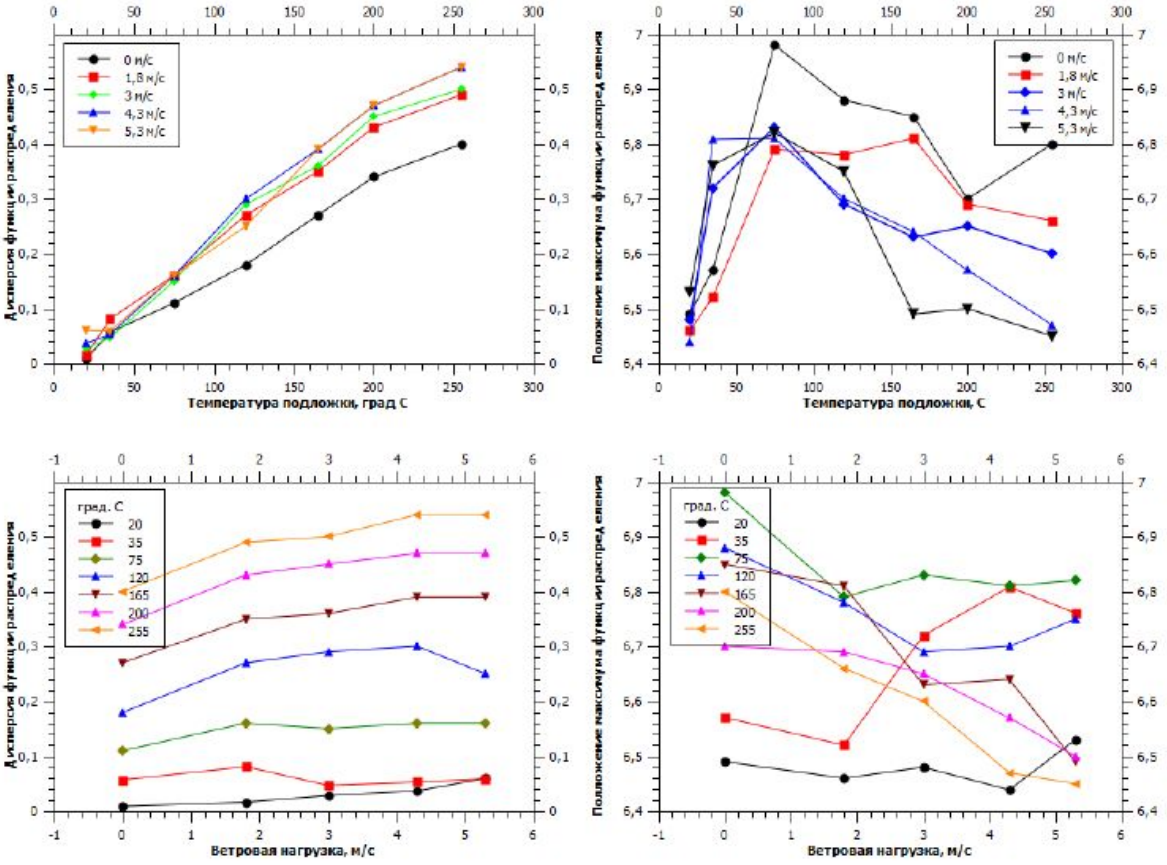


Рис.1

Соответствующие зависимости для эрмит-гауссовых пучков демонстрируют гораздо меньшую зависимость ширины и положения максимума наиболее вероятного значения функции распределения от изменения температурного и ветрового режимов на трассе, чем в случае френелевского пучка. Это может говорить о большей устойчивости эрмит-гауссова пучка к изменению состояния трассы по сравнению с френелевским.

3. Широкоракурсный метод

Разобьем плоскость регистрации распределения интенсивности на ячейки с линейным размером l и определим суммарную засветку ячейки $I_i\ l$, где индекс i соответствует номеру ячейки. Форма ячейки покрытия связана симметрией рассматриваемой задачи, в данном случае были использованы ячейки в форме квадратов. В грубом приближении выполним степенную аппроксимацию зависимости суммарной засветки ячейки от её линейного размера:

$$I_i(l) \sim l^{\alpha_i}, \qquad (2)$$

параметр аппроксимации α_i – коэффициент сингулярности.

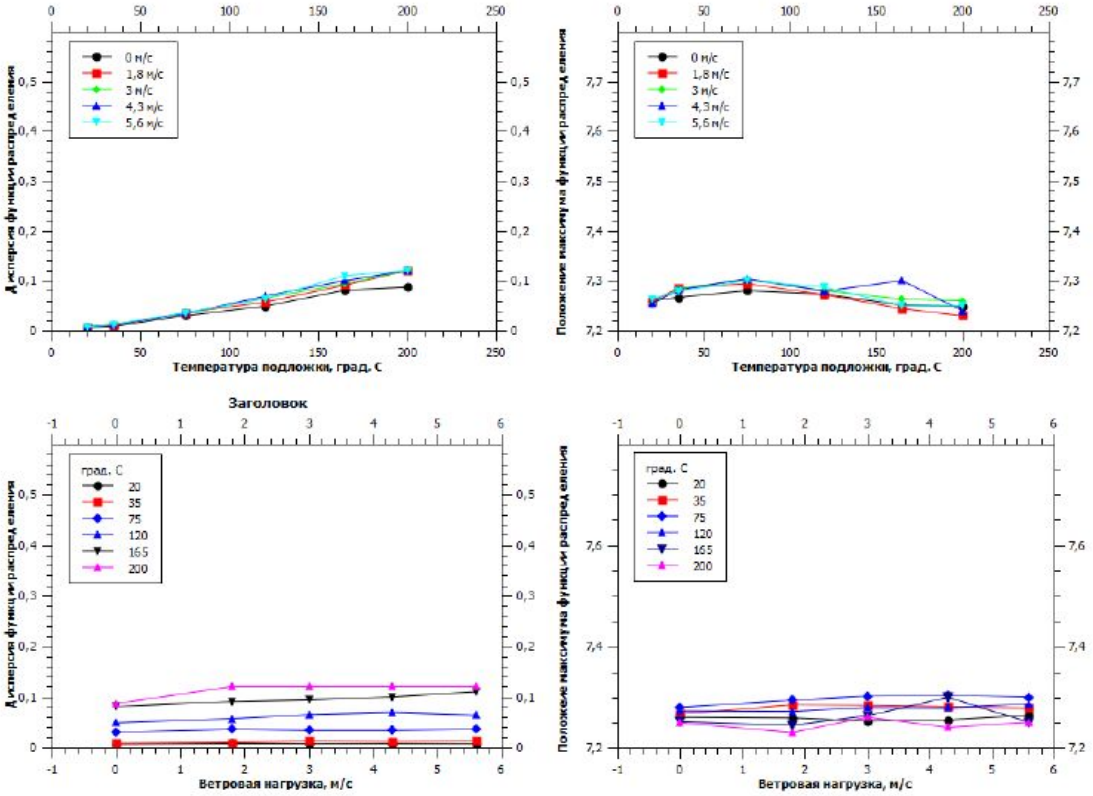


Рис.2

Параметрическую зависимость размерности Хаусдорфа *f(q)* и параметрическое усредненное значение коэффициента сингулярности *α(q)* определим в пределе нулевого значения линейного размера ячейки разбиения (бесконечно большого числа таких ячеек) [3]:

$$f(q) \lim_{l \to 0} \frac{\sum_{i=1}^{N(l)} \mu_i(q,l) \ln \mu_i(q,l)}{\ln l}, \qquad (3)$$

$$\alpha(q) \lim_{l \to 0} \frac{\sum_{i=1}^{N(l)} \mu_i(q,l) \ln I_i(q,l)}{\ln l}, \qquad (4)$$

где $\mu_i(q,l)$ – однопараметрическое нормированное семейство функций [3].

В обработке экспериментальных выборок максимальное число ячеек разбиения связано с числом элементов изображения, максимально допустимое значение размерности Хаусдорфа ограничено размерностью изображения, равной в анализируемых ниже примерах двойке.

При расчете приведенных характеристик был использован модуль FracLac [5] для пакета обработки 2D и 3D изображений ImageJ [6]. Восходящие ветви спектра формируются мелкомасштабными неоднородностями профиля распределения интенсивности, нисходящие - крупномасштабными, соответственно. Подобные спектры имеют, как правило, один максимум и описываются тремя параметрами - минимальным и максимальным

значением параметра и положением максимума функции $f(\alpha)$.

Вычисление обобщенной фрактальной емкости или размерности Реньи конкретной экспериментальной выборки или кадра распределения интенсивности можно выполнить следующим образом:

$$D(q) \quad \frac{1}{q \quad 1} \lim_{l \quad 0} \frac{\ln \sum_{i \quad 1}^{N(l)} {}_{i}(q,l)}{\ln l}. \qquad (5)$$

Принято выделять три характерных значения размерности Реньи: D_0 – размерность пространства, D_1 – информационная размерность, D_2 – корреляционная размерность, между которыми для любой физической системы существует соотношение $D_2 \le D_1 \le D_0$.

На рис.3 представлены зависимости размерности Реньи как функция обратной температуры (верхний ряд) и энтропии как функции внутренней энергии системы (нижний ряд) для двух режимов термической неравновесности, приводящих к формированию конвективных течений Релея-Бенара.

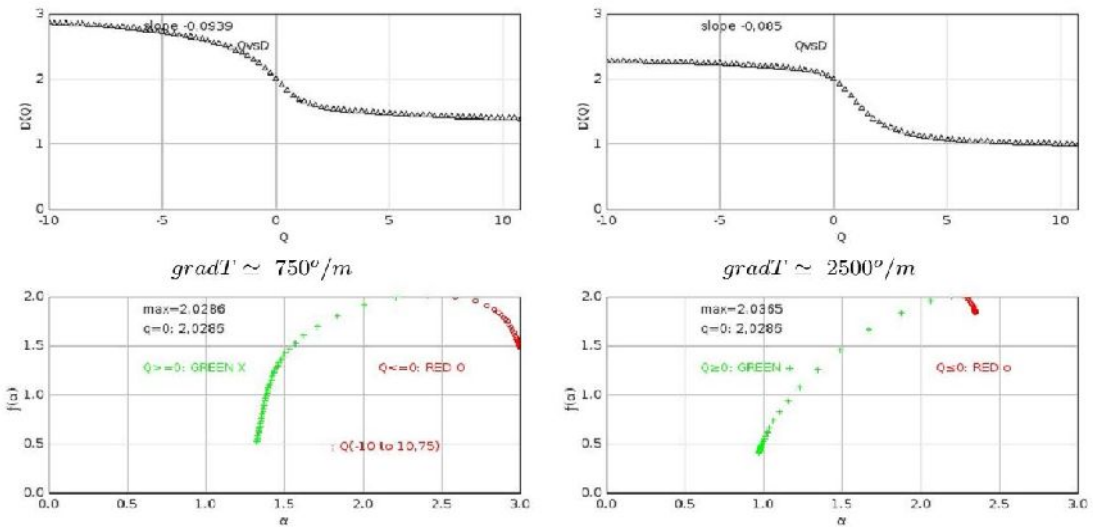


Рис.3

Левый столбец соответствует зарождению конвективных течений с временем жизни отдельной ячейки в несколько десятков миллисекунд. Справа представлены характеристики распределения интенсивности пучка на выходе среды с хорошо сформированными структурами и мощными спиралевидными потоками. Отметим уменьшение значений информационной и корреляционной размерностей, сужение интервала реализованных значений "внутренней энергии" для среды с большим значением температурного градиента. Размерность Реньи, определенная по формуле (5), может быть интерпретирована как неэкстенсивная энтропия Реньи исследуемой неравновесной и нестационарной системы [3], различие состоит лишь в области допустимых значений $q \ge 0$ для энтропии Реньи.

Заключение

Характеристики статистически неравновесных распределений интенсивности сигнального пучка в плоскости регистрации соответствуют аналогичным характеристикам турбулентного состояния трассы. Соответственно, предлагаемые методики могут быть использованы для прямого контроля стохастических процессов и процессов самоорганизации потоков в неоднородных полях скоростей и температур. Узкоракурсный метод требует накопления значимой выборки и восстанавливает обобщенные термодинамические параметры сложной системы. Широкоракурсный – основан на анализе отдельного кадра выборки и пригоден для экспресс-оценки состояния рабочей трассы.

Профили суперстатистических характеристик позволяют определить свойства парциальных подсистем, составляющих исследуемую суперсистему. На основе оценки уровня вносимых искажений в суперстатистику вариаций интенсивности при узкоракурсном наблюдении пучка может быть предложена новая характеристика сигнального пучка – помехоустойчивость по отношению к действующему типу возмущений.

Работа выполнена на базе лаборатории кафедры «фотоники и физики микроволн» физического факультета МГУ имени М. В. Ломоносова при финансовой поддержке РФФИ (грант 14-02-00461).

Библиографический список

1. Beck C., Cohen E.G.D. Superstatistics // Physica A: Statistical Mechanicsand its Applications. – 2003. – Т. 322. – С. 267-275.

2. Rabassa P., Beck C. Extreme Value Laws for Superstatistics // arXiv preprintarXiv:1409.2415. – 2014.

3. Арсеньян Т.И., Бабанин Е.А., Зотов А.М., Комаров А Г., Писклин М.В., Сухарева Н.А. Неравновесная статистика профиля интенсивности лазерного пучка на выходе модельного канала с сильной турбулентностью // Proceedings of SPIE (Bellingham, WA, United States), № 9292, с. 929216-1-929216-11 DOI, - 2014.

4. Абрамочкин Е.Г., Волостников В.Г. Современная оптика гауссовых пучков. – М.: Физматлит. – 2010.

5. FracLac plugin for ImageJ for fractal, lacunarity, multifractal, and morphological analysis:
http://imagej.nih.gov/ij/plugins/fraclac/FLHelp//Introduction.htm.

6. "ImageJ public domain Java image processing program:
http://imagej.nih.gov/ij.

УДК 62-1/-9

РАЗРАБОТКА КАНАЛА СВЯЗИ ДЛЯ СРЕДНЕВЫСОТНОГО БЕСПИЛОТНОГО ДИРИЖАБЛЯ

Булыгина Ю. В., ОАО «МНИИРС», Москва, Россия

1. Введение

В данной работе разработана специализированная радиолиния (СРЛ), предназначенная для передачи команд управления беспилотным дирижаблем с наземного пункта управления (НПУ) на борт летательного аппарата (ЛА) и сброса телеметрической информации с борта дирижабля на НПУ. Дальность действия составляет 300 км (при условии прямой видимости).

Имеем следующие исходные данные:

- скорость передачи данных в канале связи 50 Мбит/сек для целевого канала, 2 Мбит/ сек для командно-телеметрического канала;
- частотный диапазон:

5.8 - 6.0 ГГц (C – диапазон) - ЦК;

1.035 - 1.085 ГГц (L – диапазон) - КТМК;

- режим функционирования: полудуплексный с частотным разделением каналов;
- требуемое отношение сигнал/шум в канале связи (КС) 15 дБ.
- максимальная дальность ЛА 300 км, максимальная высота полета 5 км.

Был проведен энергетический расчет радиолинии, по результатам которого были оценены энергетические параметры системы, а именно: мощность передатчика, коэффициенты усиления антенн и потери в антенно-фидерном тракте при заданном соотношении сигнал/шум.

2.Энергетический расчет радиолинии

2.1.Энергетический расчет КТМК и ЦК

В табл. 2.1-2.2 приведены варианты реализации КТМК и ЦК при полосах пропускания 2 МГц и 50 МГц соответственно.

Таблица 2.1

Командно-телеметрический канал ($\Delta f = 2$ МГц)

Потери на осадки= 3 дБ	*Потери на осадки= 3 дБ*	*Потери на осадки= 3 дБ*
Поляризационные потери 3 дБ	*Поляризационные потери 3 дБ*	*Поляризационные потери 3 дБ*
$q = 15$ дБ	$q = 15$ дБ	$q = 15$ дБ
$\Delta f = 2$ МГц	$\Delta f = 2$ МГц	$\Delta f = 2$ МГц
$T_{Ш} = 440$ К	$T_{Ш} = 440$ К	$T_{Ш} = 440$ К
	$K_{У.Б} = 5$ дБ	$K_{У.Б} = 6$ дБ

Таблица 2.2

Целевой канал ($\Delta f = 50$ МГц)

Потери на осадки= 3 дБ	*Потери на осадки= 3 дБ*	*Потери на осадки= 3дБ*
Поляризационные потери 3 дБ	*Поляризационные потери 3 дБ*	*Поляризационные потери 3 дБ*
$q = 15$ дБ	$q = 15$ дБ	$q = 15$ дБ
$\Delta f = 50$ МГц	$\Delta f = 50$ МГц	$\Delta f = 50$ МГц
$T_{Ш} = 400$ К	$T_{Ш} = 400$ К	$T_{Ш} = 400$ К

Исходя из результатов энергетического расчета, были сформированы требования к выполнению антенно-фидерных устройств наземного и бортового базирования.

2.2.Требования к выполнению бортовой антенны L-диапазона (1.035-1.085 ГГц)

Цель и назначение: создание слабонаправленной антенны L-диапазона бортового базирования.

Назначение: прием и передача радиосигналов в L-диапазоне для радиолинии «борт-земля» и «земля-борт».

Антенна должна иметь вертикальную поляризацию.

Диапазон рабочих частот 1,035-1,085 ГГц.

Антенна должна обеспечивать прием/передачу сигнала в **секторе углов**:

- в азимутальной плоскости не менее 360°,
- в угломестной плоскости не менее 10° (25).

В сегменте $360^{\circ} \times 10^{\circ}$ антенна должна обеспечивать коэффициент усиления не менее 2-4 дБ.

Исходя из требований к антенне, выбран тип антенны – дискоконусная, которая удовлетворит поставленные требования, а так же имеет достаточно простое исполнение, что обеспечит надежность и ремонтопригодность в аварийной ситуации.

Расчет и согласование антенны проводился в программе электродинамического моделирования HFSS.

2.3.Требования к бортовой антенне целевой радиолинии (5.8-6.0 ГГц)

Цель и назначение: создание направленной антенны С-диапазона бортового базирования.

Назначение: передача радиосигналов в С-диапазоне для радиолинии «борт-земля».

Антенна должна иметь вертикальную поляризацию.

Диапазон рабочих частот 5.9-6.0 ГГц

Антенна должна обеспечивать передачу сигнала в **секторе углов:**

- в азимутальной плоскости не менее 10°,

- в угломестной плоскости не менее 10° .

В секторе углов $10^{\circ} \times 10^{\circ}$ антенна должна обеспечивать коэффициент усиления не менее 14 дБ (в любой точке сегмента не менее).

В качестве направленной антенны в данном диапазоне была выбрана параболическая антенна с диаметром зеркала 25 см (f/D = 0.48) с облучателем типа рупор.

2.4.Тип наземной антенны С (5.8-6.0 ГГц) и L (1.035-1.085 ГГц) диапазонов

Наземный пункт управления должен быть транспонтабельным, что дает ограничения на массогабаритные характеристики наземных АФУ.

Оценив все критерии, был выбран следующий тип антенны на НПУ: параболический рефлектор с совмещенным облучателем типа открытый конец волновода. В рамках ранее выполненного проекта было выполнено изготовление параболического рефлектора, диаметром 1.07 м с известным отношением f/D, которое удовлетворяет по массогабаритным и конструкторским критериям, поэтому будем рассматривать построение НПУ с использованием разработанного зеркала. Диаметр зеркала составляет 1.07 м, его f/D=0.25.Такое зеркало обеспечит диаграмму направленности шириной 3.2°, что значительно больше точности наведения ОПУ. Поэтому встает задача разработать систему совмещенных облучателей для рефлектора, с заданным отношением f/D.

3. Реализация антенно-фидерных устройств канала связи

Результаты моделирования АФУ представлены на рис.3.1-3.14.

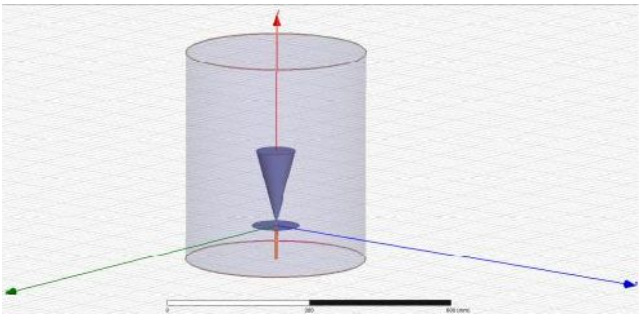


Рис.3.1. Трехмерная модель дисконусной антенны в системе проектирования Ansoft HFSS

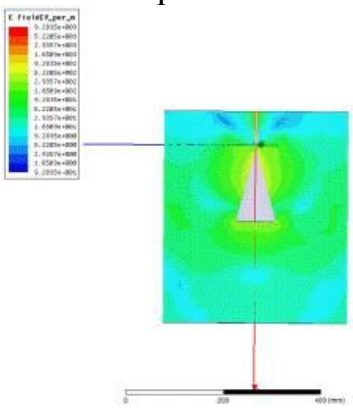


Рис.3.2. Распространение поля в плоскости YZ

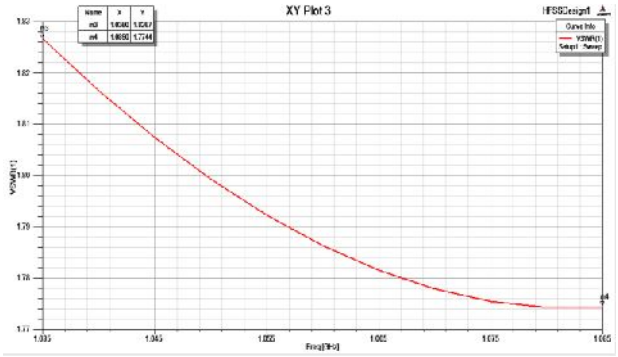


Рис.3.3. График зависимости КСВ дискоконусной антенны от частоты

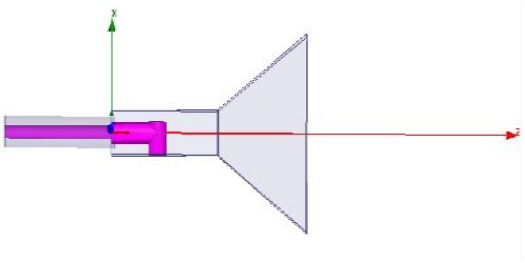


Рис.3.4. Модель пирамидального рупора для параболического зеркала с f/D=0.48

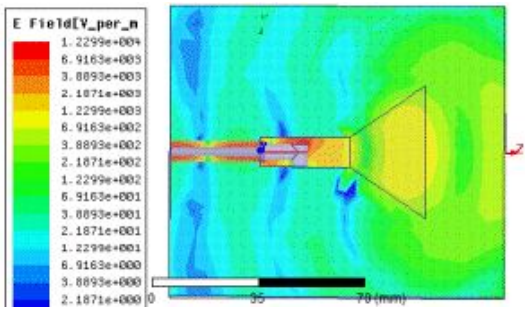


Рис.3.5. Распространение поля облучателя типа рупор в плоскости XZ

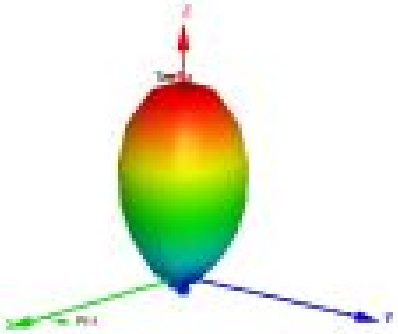


Рис.3.6. Диаграмма направленности пирамидального рупора в трехмерной системе координат

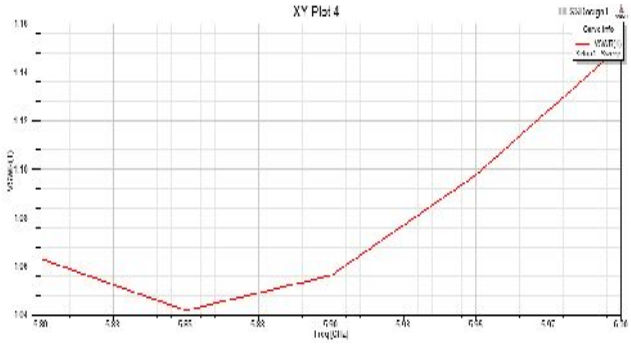


Рис.3.7. Зависимость КСВ от частоты

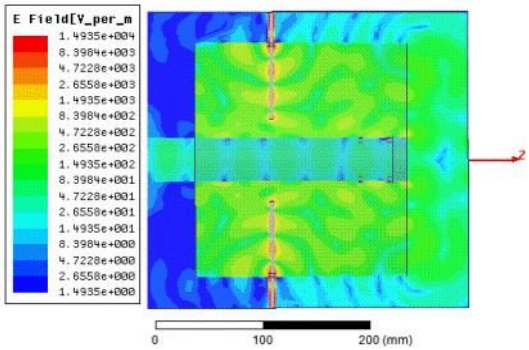


Рис.3.8. Распространение поля облучателя типа открытый конец волновода, активного в диапазоне L (1.035 – 1.085 ГГц)

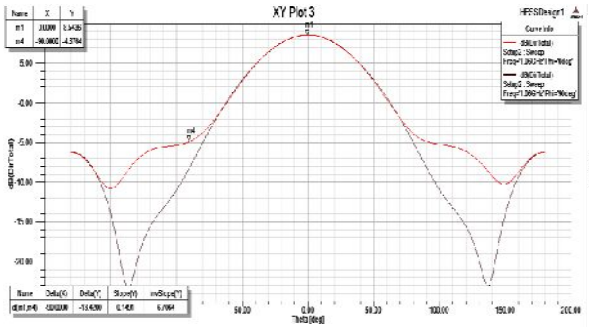


Рис.3.9. Диаграмма направленности совмещенного облучателя, активного в L-диапазоне

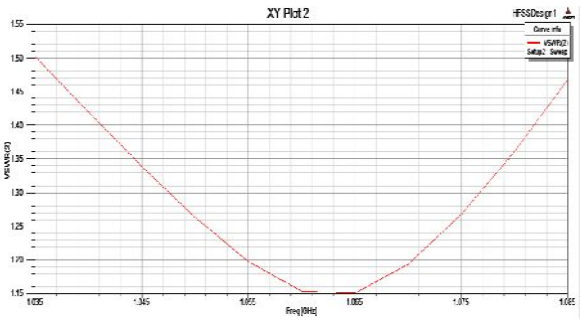


Рис.3.10. КСВ совмещенного облучателя типа открытый конец волновода, активного в диапазоне L (1.035 – 1.085 ГГц)

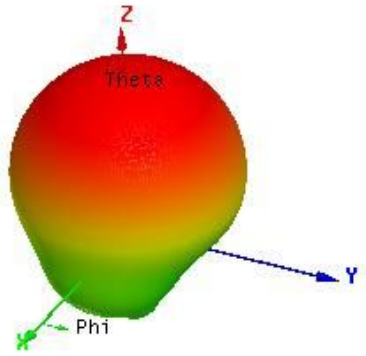


Рис.3.11. Трехмерная ДН совмещенного облучателя типа открытый конец волновода, активного в диапазоне L (1.035 – 1.085 ГГц)

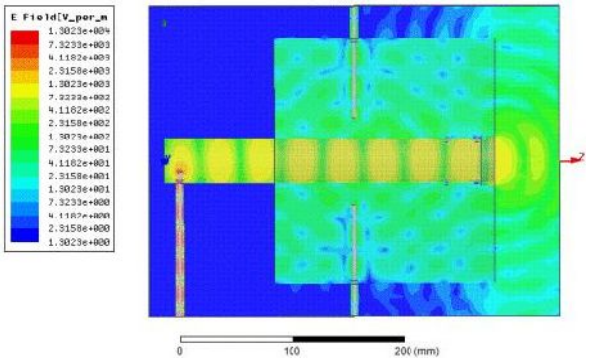


Рис.3.12. Распространение поля облучателя типа открытый конец волновода, активного в диапазоне C (5.8– 6.0 ГГц)

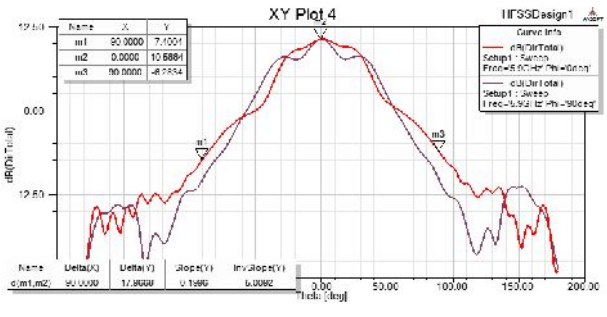


Рис.3.13. Распространение поля облучателя типа открытый конец волновода, активного в диапазоне C (5.8– 6.0 ГГц)

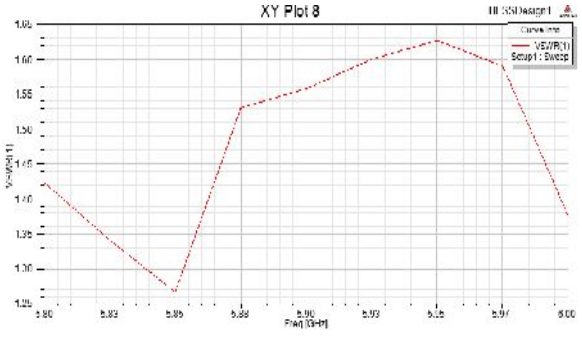


Рис.3.14. Распространение поля облучателя типа открытый конец волновода, активного в диапазоне C (5.8– 6.0 ГГц)

4. Заключение

В данной диссертации был создан вариант реализации АФУ специализированной радиолинии, обеспечивающей прием/передачу командно-телеметрических и целевых данных между наземным пунктом управления и летательным аппаратом. Выполнены требования к режимам функционирования каналов и отдельных элементов. Энергетика радиоканала оценивалась для наихудшей обстановки, что дает определенный энергетический запас системе в целом.

Для приема команд управления с НПУ и передачи телеметрических данных с борта дирижабля спроектирована дискоконусная антенна. Диапазон ее работы 1.035 - 1.085 ГГц. Питание АФУ осуществляется с помощью разъема N-типа. Так как работа может вестись на нескольких возможных литерных частотах, преимущество в широкополосности данного вида антенны играет положительную роль. Техническая реализация устройства несложна, что обеспечивает условия надежности аппаратуры, а также, в случае непредвиденных ситуаций, быструю отладку оборудования.

В качестве бортовой антенны, предназначенной для сброса целевой информации с борта ЛА на НПУ спроектирована зеркальная антенна с облучателем типа рупор. Диапазон работы антенны 5.8 - 6.0 ГГц. Проектирование зеркала не производилось, так как оно было сконструировано и изготовлено в рамках ранее выполненных проектов. Вследствие этого, был сконструирован только облучатель типа рупор для зеркала с заданными параметрами. Оптимизация выполнена с помощью программного обеспечения Ansoft HFSS v.13. Диаграмма направленности облучателя была согласована с углом раскрыва зеркала, что обеспечивает компромисс между равномерностью распределения и утечкой энергии за края рефлектора.

Наземная антенна представляет собой зеркало с совмещенным облучателем типа открытый конец волновода. Диапазон частот C (5.8 - 6.0 ГГц) и L (1.035 - 1.085 ГГц). Проектирование зеркала диаметром 1 м не проводилось, так как данный тип зеркала был разработан в рамках ранее выполненных проектов. Проектирование облучающей структуры выполнено с помощью пакета электродинамического моделирования Ansoft HFSS v.13. Питание волноводов C и L диапазонов осуществлялось с использованием разъема N-типа. Для симметричности диаграммы направленности в L-диапазоне питание волновода произведено в противофазе. Диаграммы направленности в обоих частотных диапазонах согласованы с углом раскрыва зеркала, величина КСВ не превышает двойки.

Библиографический список

1. Д.М. Сазонов Антенны и устройства СВЧ. – М., "Высшая школа", 1988.

2. С.Е. Банков, А.А. Курушин Электродинамическое моделирование сложных СВЧ структур. – М., Солон-Пресс, 2006.

3. Д.В. Гололобов, В.Б. Кирильчук Распространение радиоволн и антенно-фидерный устройства, Методическое пособие, Минск 2003.

4. Л.Я. Родос Электродинамика и распространение радиоволн. Учебно-методический комплекс. Санкт-Петербург, 2007.

5. S.J. Orfandis Electromagnetic Waves and Antennas, Rutgers University, November, 2002.

6. Г.П. Грудинская Распространение радиоволн. – М., "Высшая школа", 1975.

УДК: 533.924,533.9.082.5

ОПТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ГИРОТРОННОГО РАЗРЯДА В ПОРОШКАХ МЕТАЛЛ-ДИЭЛЕКТРИК

[1,2]Рябикина И.Г., [1]Летунов А.А.,
[1,2]Скворцова Н.Н., [2]Соколов А.С.
[1]Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН, Москва, Россия
[2]МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Эксперименты по изучению свойств микроволновых разрядов в порошках металл-диэлектрик проводились в специально сконструированном плазмохимическом реакторе на подложке со свободной верхней поверхностью порошка [1]. Инициация разряда осуществлялась гиротроном (частота гиротрона 75 ГГц, длительность импульса до 10 мс, мощность – до 550 кВт [2]). В результате в объеме плазмохимического реактора при высоких температурах плазмы и газа начинается формирование микро и нано частиц металлических аэрозолей и новых синтезированных веществ в результате протекания экзотермических химических и плазмохимических реакций [3]. Длительность фазы формирования частиц веществ в десятки и сотни раз может превышать длительность СВЧ импульса гиротрона, инициирующего данный процесс.

В докладе представлены исследования микроволнового разряда, осуществленные в порошках Mo-B и NB-Si-Ti в азоте. В задачу данной работы входит описание свечения разряда, и определения температурных зависимостей по континууму оптических спектров и относительной интенсивности линий.

1.Описание экспериментальной установки

На рис.1 представлена принципиальная схема эксперимента [1]. Внутрь реактора вставлялся кварцевый цилиндр, снизу через кварцевую пластинку подавалось микроволновое излучение гиротрона. Облучение образцов выполнялось одиночными импульсами. Временные интервалы между импульсами длительностью (2-4 мс) составляли не менее 30 с. Облучение порошков происходило сериями от 10 до 30 импульсов СВЧ. Мощность излучения гиротрона составляла 300-450 кВт, что соответствовало интенсивности в порошке ~8-10 кВт·см$^{-2}$. Пучок микроволн гауссовой формы с характерным радиусом 40 мм пронизывал объем реактора и поглощался в керамических поглотителях, расположенных на удалении 60 см за верхней кварцевой пластиной реактора.

На кварцевую пластинку (1) насыпался слой порошка бора, толщиной около 1мм, поверх него слои порошков Mo-B (40/60%) или NB-Si-Ti (40/32/28%) толщиной 0.5-0.7 мм (2) (процентное содержание по объему). Порошки послойно уплотнялись придавливанием плоской кварцевой пластиной. Использовались аморфные порошки бора и нитрида бора с размером частиц ~1 мкм и порошок молибдена, титана, кремния с размером частиц ~5 мкм. В основном, использовался порошок бора, созданный по техническим условиям ТУ 2112-001-49534204-2003 (А), в котором массовая доля бора составляет 94,0%, доля кремния (Si) не более 0,3%, доля железа (Fe) не более 0,7% [4]. Эксперименты выполнялись в атмосфере воздуха и технического азота (с чистотой 99%), после предварительной прокачки азота при нормальном давлении через реактор. Наблюдения за свечением микроволнового разряда, порошка и синтезированных веществ можно было проводить через обзорные окна в плазмохимическом реакторе.

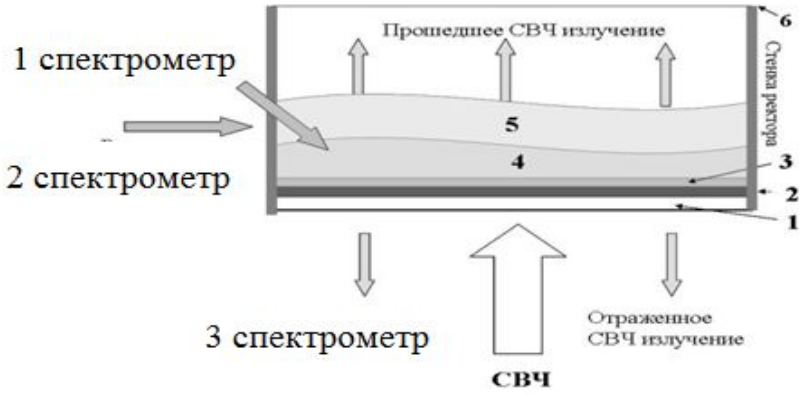


Рис.1. Схема эксперимента. 1, 6 – кварцевые пластинки, 2 – слой порошка бора, 3– слой смеси порошков, 4 – плазма, 5 – газ. Показаны области приема излучения 1 спектрометра (газ-плазма-порошок) и 2 спектрометра (газ-плазма) и 3 спектрометра (порошок)

2.Описание оптических методик измерения температуры
2.1.Оптические диагностики разряда

Излучение разряда регистрировалось с помощью трех спектрометров Ava-Spec (фирма Avantes) в диапазоне 370-920 нм с разрешением 0,7 нм и 0,3 нм (№1,2) и в диапазоне 250-800 нм с разрешением 0,8 нм (№3). На рис.1 схематически показано расположение трех спектрометров.

Система приема излучения спектрометра 1 была направлена на порошок, что позволяло регистрировать свечение поверхности порошка, плазменной и газовой фаз разряда (3-4-5 на рис.1). Системы спектрометров 2 были направлены параллельно поверхности порошка, что позволяло регистрировать свечение, в основном, из газово-плазменной области разряда (3-4 на рис.1). Спектрометр 3 принимал излучение с нижней поверхности порошка. В микроволновом разряде каждым из спектрометров проводились измерения до 100 оптических спектров с интервалом около 4 мс. Пример таймирования 1 и 2 спектрометра относительно импульса СВЧ приведен на рис.2.

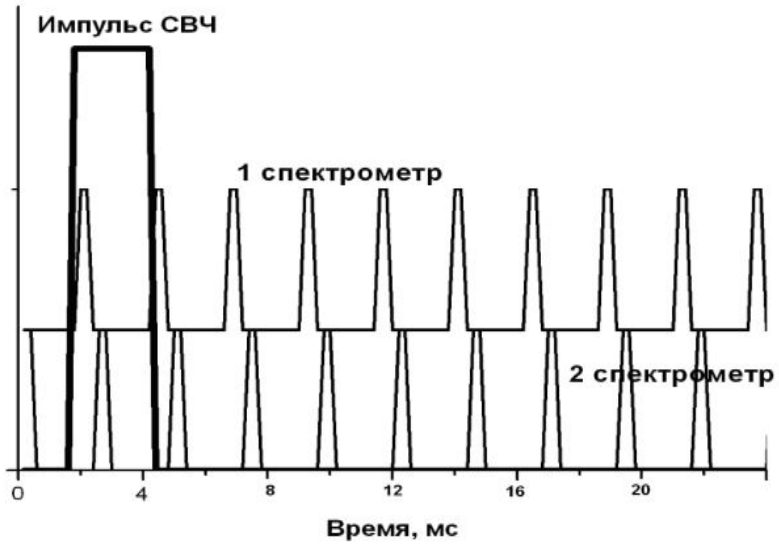


Рис.2. Таймирование спектров относительно импульса гиротрона

По полученным спектрам анализировалась эволюция свечения разряда во времени, как в интегральном свете, так и в отдельных спектральных интервалах. Проводилась идентификация атомных и ионных линейчатых спектров с использованием базы атомных и ионных линий с использованием таблиц NIST [5]. Также отмечались времена возникновения спектров с молекулярными полосами двухатомных молекул. Спектрометр 1 позволял идентифицировать атомные и ионные линии и молекулярные полосы, усредненные по всему объему реактора.

2.2.Спектральный метод измерения электронной температуры по континууму

Ранее было показано, что регистрация отдельных спектральных линий и полос в спектрах микроволновых разрядов происходит на фоне континуума (сплошного спектра). Последний можно было интерпретировать как спектр нагретого порошка, который «виден» под слоем газа и плазмы. Действительно, исключив спектральные линии и полосы, в таких микроволновых разрядах удалось построить спектр в координатах Вина $\ln(\lambda^5 J)$ $(\lambda T)^{-1}$ и получить прямую линию [6]. Такая закономерность отвечает закону Планка для теплового излучения с некоторым коэффициентом черноты (или серости). И по ней также можно определять температуру. Разработанная нами программа в среде ORIGIN, которая позволяла обрабатывать оптические спектры с получением эволюции температуры в серии последовательных разрядов [7].

2.3.Спектральный метод измерения электронной температуры по интенсивности нескольких линий

Температуру, характеризующую состояние оптически тонкой плазмы в условиях локального термодинамического равновесия можно определить, если измерить интенсивность какой-либо из излучаемых плазмой спектральных линий l в абсолютных единицах по формуле [8]:

$$J_{ki} = N_0 \left(\frac{g_k}{g_0}\right) A_{ki} h n_{ki} * \exp\left(-\frac{E_k}{kT}\right). \quad (1)$$

где величины N_0, g_k, g_0, g_i, A_{ki}, h,n_{ki}, E_k берутся соответственно для переходов в атоме, ионе или молекуле Суть метода состоит в следующем. Рассматриваются две спектральные линии, возникающие при переходе между возбужденными уровнями k_i и l_m одного сорта частиц (атомов, ионов данной кратности и т.д.). Если заселенности всех этих уровней удовлетворяют распределению Больцмана с одной и той же температурой возбуждения T_e, то, записав выражение (1) для обеих линий и комбинируя их, получим отношение в виде:

$$\frac{J_{ki}}{J_{lm}} = (A_i ki / A_i lm) * (g_i k / g_i l) * (I_i lm / I_i ki) * exp[-(E_i k - E_i l))/kT], \quad (2)$$

где l_{ki} и l_{lm} – длины волн выбранных спектральных линий. Здесь учтено, что основное состояние для данных частиц одного сорта одно и то же. Измеряя относительные интенсивности двух линий, используя формулу (2), можно вычислить электронную температуру.

В работе использовалась программа обработки спектров, представленная в работе [8], дополненная линиями молибдена из таблиц NIST.

3.Результаты экспериментов

3.1.Разряд, инициируемый гиротроном в смеси порошков молибден-бор в азоте (Mo-B)

Вкладываемой энергии достаточно для поддержания экзотермических реакций, поэтому мы наблюдали пробой, разряд и фазу послесвечения. На электронных микрофотографиях конечных продуктов присутствовали бориды в аморфном виде.

Температура по континууму оптических спектров, измеренных спектрометрами 1, в этом режиме около 5 кК. В порошке бора присутствовали следы титана, что позволяло определять температуру по относительной интенсивности линий титана. На рис.4 представлен график определения температуры плазмы (газово-плазменной фазы) по линиям титана. Она составляла Te=0,396±0,015 эВ (или 4,6 кК).

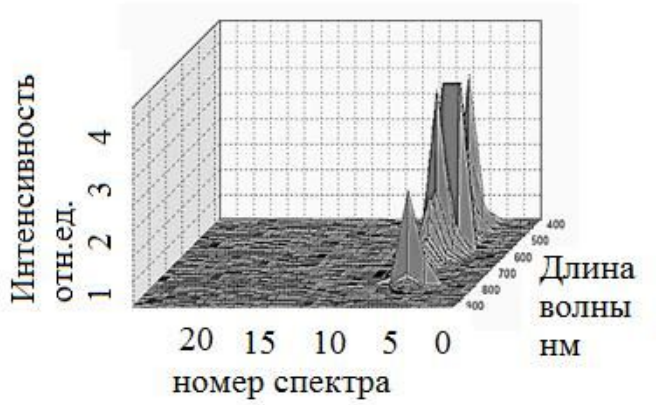


Рис.3. Интегральное свечение во времени разряда, инициируемого гиротроном в смеси Mo/B в азоте

3.2.Разряд, инициируемый гиротроном в смеси порошков нитрид бора-кремний-титан в азоте (NB-Si-Ti)

Температура по континууму, полученная со спектрометра 1 составляла 3,2 кК (через 4 мс после выключения гиротрона), и 1,6 кК (через 8 мс после выключения гиротрона). По относительной интенсивности линий атомов железа и титана, измеренных спектрометром 1, получаем температуру плазмы вблизи порошка. В таблице приведены данные температуры.

Вкладываемой энергии и металла титана недостаточно для поддержания экзотермических реакций и поэтому мы наблюдали пробой и разряд без фазы послесвечения (один спектр в фазе пробоя). Осаждения новых синтезированных веществ на стенки реактора обнаружено не было.

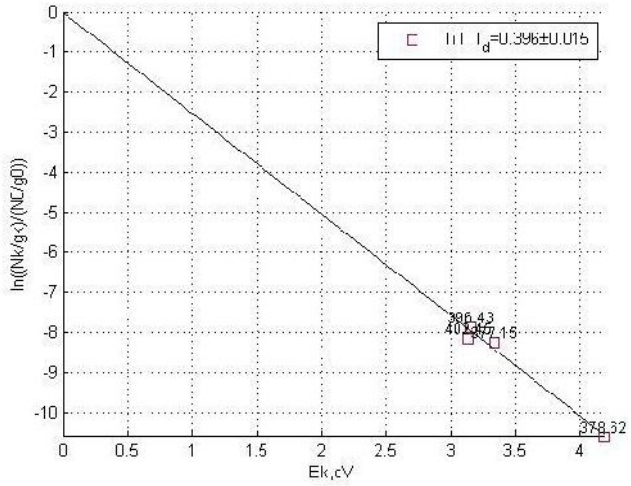


Рис.4. График определения температуры плазмы (газово-плазменной области разряда) по относительной интенсивности атомных линий титана

Заключение

Рассмотрены два режима гиротронного разряда в азоте в порошках Mo/B с синтезом новых веществ и осаждением их на стенки ректора, и без синтеза в порошках NB/Si/Ti. Показано, что двумя методами можно определять температуру в этих режимах. В результате обработки спектров по континууму значения температур поверхности оказались несколько выше, чем температура газово-плазменной фазы вблизи порошка, определенная по методу линий.

Таблица.

Электронная температура газово-плазменной фракции вблизи порошка в режиме NB-Si-Ti

Спектр	Номера импульсов				
	978	979	981	989	993
После выкл. гиротрона – 4 мс	TiI T=0,174± 0,017 эВ (~2kK)	FeI T=0,580± 0,114 эВ\ (~6.6kK)	TiI T=0,382± 0,077 эВ (~4.4kK)		
8мс				FeI T=0,366± 0,024 эВ (~4.2kK)	FeI T=0,428± 0,022 эВ (~4.7kK)

Исследование выполнено при поддержке научного гранта РФФИ №14-08-00753 А.

Библиографический список

1. Г.М. Батанов, Н.К. Бережецкая, В.Д. Борзосеков, В.Д. Степахин и др. Физика плазмы. 2013. том 39. № 10. С. 942–948.

2. N.K. Kharchev, G.M. Batanov, L.V. Kolik, et al. Review Of Scientific Instruments. 2013. V.84. 013507.

3. Патент №2523471 РФ «Способ получения нанодисперсионных порошков нитрида бора и диборида титана». 26 мая 2014г.

4. А.С. Нечепуренко, В.М. Шамриков, Ю.Я. Ласыченков, и др. // Сборник трудов ФГУП "УНИХИМ с ОЗ". 2005, № 72. С. 1-6.

5. http://www.nist.gov/pml/data/asd.cfm.

6. Г.М. Батанов, Н.К. Бережецкая, В.А. Копьев и др. ЖТФ. 2008. Т. 78. В. 10. С.135-138.

7. Рябикина И.Г., Летунов А.А., Харчев Н.К., Скворцова Н.Н. VII Международный симпозиум по теоретической и прикладной плазмохимии (2014 г., Плес, Россия): сборник трудов. С.330-331.

8. Методы исследования плазмы. // Под ред. Лохте-Хольтгревена. М.: Мир, 1971. С. 142.

9. Летунов А.А., Скворцова Н.Н., Харчев Н.К. и др. VII Международный симпозиум по теоретической и прикладной плазмохимии (2014 г., Плес, Россия): сборник трудов. С.326-327.

УДК: 533.9.082, 537.8

РАДИОФИЗИЧЕСКИЙ АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС СБОРА И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ НА СТЕЛЛАРАТОРЕ Л-2М

[1]Смирнов В.А., [2]Малахов Д.В.,
[1,2]Скворцова Н.Н., [2]Борзосеков В.Д.,
[2]Харчев Н.К., [2]Кончеков Е.М.

[1]МГТУ МИРЭА, Москва, Россия
[2]Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН, Москва, Россия

Одно из интересных направлений в физике связанно с получением новых технологий и материалов. Примерами могут служить перспективный способ получения энергии путем термоядерного синтеза, а также новые сверхпроводящие материалы и методы их получения. Процесс изучения физики высокотемпературной плазмы и управляемого термоядерного синтеза требует одновременного использования различных радиофизических диагностик, таких как малоуглового рассеяния, доплеровской рефлек-

тометрии и т.д. Задача правильного измерения, обработки и хранения полученных данных всегда играла важную роль для получения качественных результатов. Измерительная аппаратура постоянно совершенствуется, что дает возможность улучшать качество экспериментальных данных, на получение которых расходуются большие материальные и человеческие ресурсы. Основной задачей данной работы являлась разработка новых и модификация существующих узлов аппаратного комплекса сбора, обработки и хранения данных для существующих диагностик стелларатора Л-2М. В комплекс включены высокоскоростные аналогово-цифровые преобразователи, системы предварительной обработки полученных данных на базе высокоскоростных GPU (NVidia Kepler K20) и рабочих станций, сервер для хранения и общего доступа к данным, а так же WEB-сервер на основе системы управления проектами Open Atrium, позволяющий вести совместную работу ученым-исследователям в рамках единых научных задач.

Нарастающие объемы информации, получаемой на термоядерной установке стелларатор Л-2М, остро ставят вопрос автоматизации процесса первичной обработки данных и систематизации получаемых результатов. За время существования установки накоплен большой опыт в области обработки и анализа сигналов с различных плазменных диагностик. Задачей данной работы являлась разработка аппаратного комплекса сбора, обработки и хранения данных с разграничением прав доступа и организацией совместной работы для групп ученых. Данный комплекс позволяет производить более точные измерения макро- и микропараметров плазмы, осуществляет их предварительную оценку по ряду заранее отлаженных и запатентованных методик (спектральная характеристика и т.д.), а так же позволит сохранить данные на сервере общего пользования для удобства дальнейшей обработки данных сотрудниками.

Основной задачей данной работы является разработка аппаратного комплекса измерения, обработки и хранения данных. Решение основано на необходимости улучшения качества измерения данных, первичном анализе основных параметров сигналов с использованием современных программно-аппаратных средств (плата ускорения вычислений NVidia Kepler K20), и удобства хранения и доступа к базе данных сигналов стелларатора Л-2М с использованием системы управления проектами Open Atrium. В качестве основного акселератора вычислений выбран графический процессор NVidia Kepler, который позволяет производить обработку данных в десятки раз быстрее по сравнению с рядовыми CPU. Пиковая производительность вычислений с двойной точностью в 1.43 Tflops позволяет производить первичный анализ сигналов с большинства диагностик в реальном времени. Полученная информация хранится в базе данных сервера, реализованном

на массиве жестких дисков 4Tb SATA-III Western Digital SE 8 шт. (RAID60) + server SSD 120 Гб 2 шт. (RAID0).

Для реализации высокоскоростной системы сбора данных были использованы две 32-х канальных подсистемы (производство в Новосибирске по заказу ИОФ РАН). Параметры модуля регистратора приведены в табл.1. Каждая подсистема включает в свой состав четыре 8-ми канальных модуля регистрации и модуль синхронизации, обеспечивающий синхронную работу всех каналов подсистемы. Допускается раздельная установка частоты дискретизации и длительности времени регистрации для каждой подсистемы.

Таблица 1

Параметры модуля высокоскоростной регистрации данных

Число синхронных каналов регистрации:	4
Разрядность АЦП:	12 бит
Частота дискретизации:	до 50 МГц
Диапазон входных сигналов:	-2.5В ÷ +2.5В, -1В ÷ +1В, -0.5В ÷ +0.5В, -0.25В ÷ +0.25В
Входное сопротивление:	50(75) Ом
Полоса частот входного сигнала:	0 ÷ 25 МГц
Разброс моментов взятия отсчетов АЦП:	не более 0.1 нС
Объем буферной памяти на канал:	32Мслова
Сетка частот дискретизации:	50/(1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128) МГц, внешний генератор

Для синхронной регистрации всех низкочастотных сигналов в измерительном комплексе стелларатора Л-2М используется блок АЦП ADC812 − синхронная 128-ми канальная система регистрации импульсных сигналов с регулируемой полосой пропускания. Система предназначена для синхронной регистрации сигналов в многоканальных диагностических трактах плазменных экспериментальных установок. В состав системы входит до 16-ти восьмиканальных модулей регистрации, модуль контроллера магистрали крейта, крейт с источником питания и тестовое программное обеспечение, работающее в среде Windows. Для сопряжения с базовым компьютером диагностического комплекса используются интерфейс Ethernet 100BaseTX и оптический адаптер Allied Telesyn 100BaseTX <-> 100BaseFX-SC AT MC102XL.

Таблица 2

Параметры модуля низкоскоростной регистрации данных

Число синхронных каналов регистрации:	8
Разрядность АЦП:	12 бит
Частота дискретизации: для 2-х каналов для 4-х каналов для 8-и каналов	 до 4 МГц до 2 МГц до 1 МГц
Диапазон входных сигналов:	-5В ÷ +5В, -2.5В ÷ +2.5В, -1В ÷ +1В, -0.5В ÷ +0.5В
Смещение шкалы по амплитуде:	10-разрядный ЦАП
Входное сопротивление:	100К
Полоса частот входного сигнала:	0 ÷ 0.5 МГц
Разброс моментов взятия отсчетов АЦП:	не более 1 нС
Объем буферной памяти на канал:	128К÷1М отсчетов, с шагом 128К
Сетка частот дискретизации:	4/(1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128) МГц, внешний генератор

На рис.1. Приведена структурная укрупненная схема аппаратного комплекса сбора, обработки и хранения данных для различных диагностик стелларатора Л-2М. В качестве коммутационного ядра выступает высокоскоростной виртуальный стек коммутаторов Dlink, объединённых в 10Гб оптическое кольцо посредством SFP+ одноподовых трансиверов.

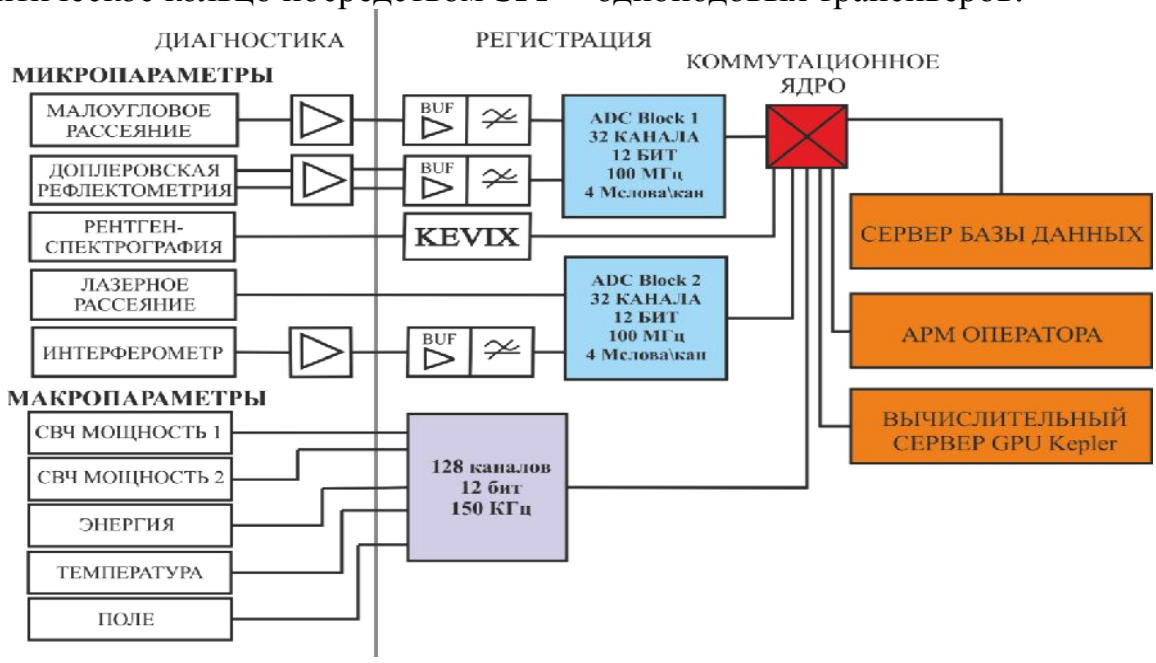


Рис.1. Аппаратный комплекс сбора, хранения и обработки данных для существующих диагностик стелларатора Л-2М

Таблица 3

Параметры сигналов диагностик и требуемые параметры каналов оцифровки

Диагностика	Кол-во каналов	Выходное напряжение, В	Разрядность оцифровки существующая/ требуемая	Частота оцифровки, МГц	Максимальный сигнал в спектре сигнала, МГц
Малоугловое рассеяние	1	0÷1	12/16	50	2
Доплеровский рефлектометр	2	-0,5÷0,5	12/16	50	2.5
Обратное рассеяния	1	0÷1	12/16	50	2
Интерферометр	2	-1÷1	12	1	0,015÷,030

С целью обеспечения гарантированного выполнения теоремы Котельникова, а так же для максимизации спектрального разрешения, оцифровка сигналов производится с многократным превышением максимально возможной частоты в спектре полезного сигнала. Так как в стандартные методы анализа помимо спектральных оценок входят статистические методы все сигналы регистрируются с разрешением не ниже 12 разрядов. Требуемое повышение разрядности на ряде диагностик носит рекомендательный характер и позволяет в дальнейшем расширить возможности системы за счет оптимизации системы сборы данных (установка дополнительных плат с 16 битными АЦП).

Разработанный комплекс измерения, обработки и хранения данных позволит сократить объем рутинной работы во время экспериментов за счет автоматического сохранения, первичной обработки и анализа полученных данных, проводимой в других средах (Matlab, Origin и т.д.), а также создать информационную базу с общим, в том числе и удаленным доступом к измеренным данным. Это позволяет вести не только полноценную научную работу на мировом уровне, но и образовательную деятельность. Стоит так же отметить экономическую сторону вопроса: за счет повышения качества получаемых данных, а, следовательно, снижении количества некондиционных сигналов (плохая оцифровка, перегрузка каналов АЦП, нестабильные сигналы и т.д.), снижается и количество дорогостоящих расходных материалов, необходимого для работы гиротронов комплекса электронно-циклотронного создания и нагрева плазмы стелларатора Л-2М.

Исследование выполнено при частичной поддержке научного гранта РФФИ №15-08-05455 А.

Библиографический список

1. Skvortsova N.N., Akulina D. K., Batanov G.M. et al. Pl.Phys. Cont. Fusion 52(2010) 055008.

2. Г.М. Батанов, В.Д. Борзосеков, Л.В. Колик, Д.В. Малахов и др. ВАНТ, 2011, 2, с. 70-75.

3. Чернов Н.А., Пшеничников А.А., Малахов Д.В., Скворцова Н.Н. XXXIX Межд. (Звенигородская) конференция по физике плазмы и УТС. 2012. С. М68.

4. Малахов Д.В., Борзосеков В.Д., Васильков Д.Г. XL Межд. (Звенигородская) конференция по физике плазмы и УТС. 2013. С.36.

5. Г.М. Батанов, В.Д. Борзосеков, Л.М. Коврижных, и др. Физика плазмы, 2013, Т 39. № 6. С 511-522.

6. А.К. Горшенин, В.Ю. Королев, Д.В. Малахов, Н.Н. Скворцова. Свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ 2012. № 2012610645, 2012610646, 2012610923, 2011618892.

7. Горшенин А.К., Королев В.Ю., Малахов Д.В., Скворцова Н.Н. Математическое моделирование, 2011. Т. 23. № 4. С. 83–89.

УДК 533.915;621.396.67

ИССЛЕДОВАНИЯ ПЛАЗМЕННОГО СТОЛБА В ЭЛЕМЕНТАХ ПЛАЗМЕННОЙ АНТЕННЫ

Коновалов В.Н., Кузьмин Г.П., Минаев И.М.,
МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

При построении плазменных антенн в диэлектрических трубах возникает проблема определения параметров плазмы, возбуждаемой колебаниями ВЧ генератора [1-4]. А также определения оптимальных параметров элементов антенны, методов согласования с радио приёмно-предающими устройствами. В работе были проведены экспериментальные исследования плазменной четвертьволновой антенны, с целью получения закономерностей и параметров плазменного столба. В ходе исследований были экспериментально получены оптимальное значение давления газа в плазменной антенне, зависимости высоты столба от мощности генератора.

Экспериментальный стенд для исследования плазменной антенны установлен на металлическом основании 5 (см. рис.1) (выполняющий роль

экрана четвертьволновой антенны).

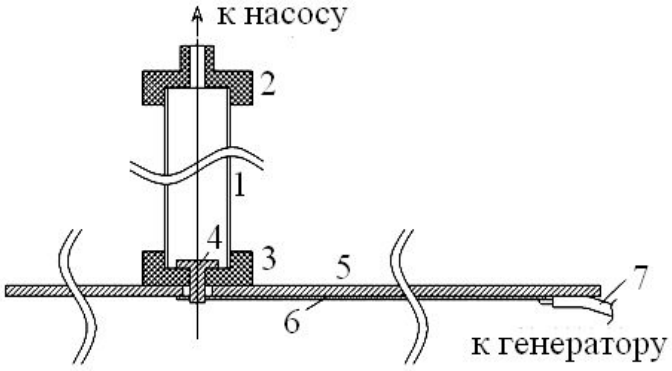


Рис.1. Экспериментальный стенд плазменной антенны

Вертикально к основанию 5 установлена кварцевая труба 1 на диэлектрической пробке 3 с электродом 4. С верхней стороны трубы установлена диэлектрическая пробка 2. Для откачки до необходимого давления в этой пробке установлен отвод к вакуумному насосу. С обратной стороны основания установлена согласующая линия 6 подключенная коаксиальным кабелем с генератором. Согласование антенны осуществлялось по минимальному значению коэффициента стоячей волны (КСВ).

В качестве источника высокочастотных колебаний (генератора) использовалась связная радиостанция мощностью 20 Вт и диапазонами частот 140..150 МГц и 430..460 МГц. Газоразрядная труба заполнялась аргоном.

Измерение высоты плазменного столба осуществлялось методом видеофиксации и пошаговым способом. При методе видеофиксации давление газа постепенно и непрерывно изменялось, на видео камеру фиксировались высота столба и показания вакуумметра.

На рис.2, 3 и 4 изображены зависимости высоты столба от давления газа в плазменной антенне (газоразрядная труба) и в зависимости от мощности генератора.

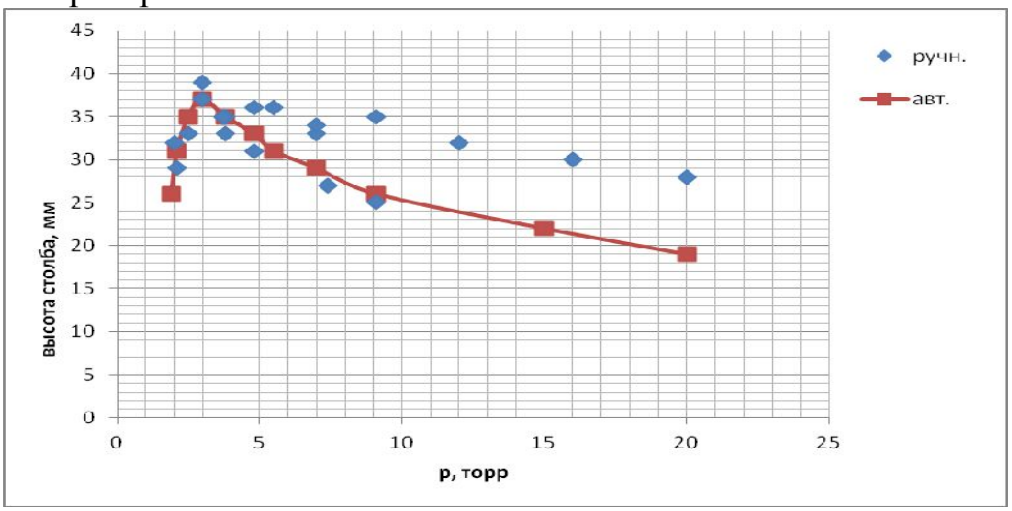


Рис.2. Зависимость высоты столба от давления газа (154 МГц)

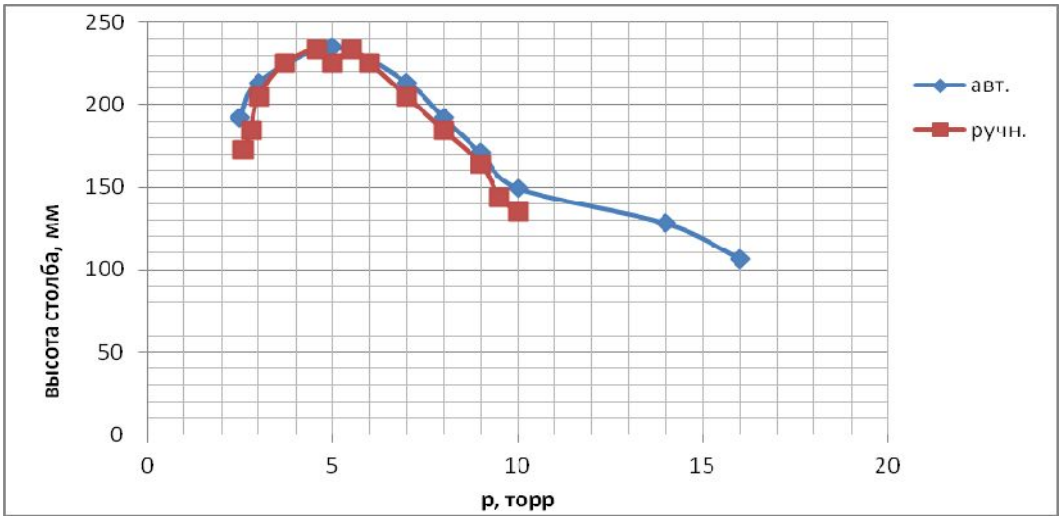


Рис.3. Зависимость высоты столба от давления газа (460 МГц)

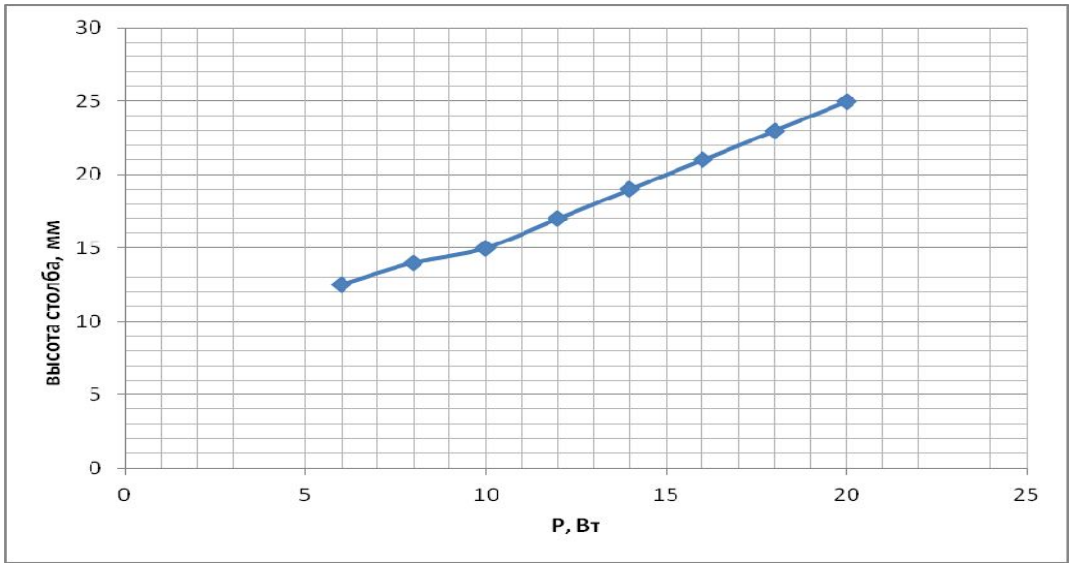


Рис.4. Зависимость высоты столба от мощности генератора (154 МГц)

Из графиков следует, что максимальная высота столба, а соответственно и оптимальное давление, зависит от частоты ВЧ колебаний и смещается в область больших давлений с ростом частоты (минимум кривой Пашена для аргона 0,65 торр). Зависимость высоты столба от мощности оказывается линейная.

Библиографический список

1. Четвертьволновая вибраторная плазменная приемная антенна / Н.Г. Гусейн-заде, И.М. Минаев, К.З. Рухадзе // XXXVII Международная (Звенигородская) конференция по физике плазмы и УТС. – 2010. – С. 305.

2. Плазменная приёмная вибраторная антенна / Н.Г. Гусейн-заде,

И.М. Минаев, К.З. Рухадзе // Краткие сообщения по физике ФИАН. -2010, №2. С.45-48.

3. Приёмная плазменная вибраторная антенна / Н.Г. Гусейн-заде, И.М. Минаев, К.З. Рухадзе, В.К. Битюков // Материалы международной научно-практической конференции ИНФО. – МИЭМ. – 2010. – С. 435.

4. Плазменный несимметричный вибратор с возбуждением поверхностной волной. Е.Н. Истомин, Д.М. Карфидов, И.М. Минаев, А.А. Рухадзе, В.П. Тараканов, К.Ф. Сергейчев, А.Ю. Трефилов. Институт общей физики имени А.М.Прохорова РАН.

УДК: 537.8, 54.08

СИСТЕМА РЕГИСТРАЦИИ И АНАЛИЗА МИКРОВОЛНОВОГО РАЗРЯДА В ПЛАЗМОХИМИЧЕСКОМ РЕАКТОРЕ В ОПТИЧЕСКОМ И СВЧ ДИАПАЗОНЕ ДЛИН ВОЛН

[1]Малахов Д.В., [1,2]Скворцова Н.Н., [1]Кончеков Е.М., [1]Борзосеков В.Д., [1]Харчев Н.К., [2]Рябикина И.Г.

[1]Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН, Москва, Россия

[2]МГТУ МИРЭА, Москва, Россия,

Известно, что импульсные микроволновые разряды внутри и на поверхности смесей порошков металлов и диэлектриков позволяют создавать сильнонеравновесное состояние в газовой фазе испаренного в разряде материала и осуществлять быструю закалку образующихся соединений. Для анализа таких микроволновых разрядов необходимо обеспечить регистрацию микроволновых, оптических и рентгеновских параметров, локализованных в пространстве и эволюционирующих во времени. В настоящей работе говорится об 1 этапе реализации цикла прикладных исследований, посвященных созданию новой специализированной многоканальной системы регистрации и анализа данных в оригинальном плазмохимическом реакторе ГР-1. В эту систему включены оптические спектрометры, цифровая высокоскоростная камера видеонаблюдения, детекторы СВЧ, ультрафиолетового оптического и рентгеновского диапазона длин волн. Анализ потоковых данных позволит в дальнейшем получать эволюцию параметров микроволнового разряда в режиме реального времени: температуры поверхности, газа и плазмы, состав примесей. Эти данные необходимы для управления плазмохимическими процессами, в том числе введения обратных связей. Большое внимание уделено проблеме автоматизации измерений и подсистеме управления экспериментальными сессиями.

Цикл работ, посвященных микроволновым методам синтеза частиц веществ микро и нано размеров с использованием излучения гиротрона ранее проводился на оригинальном, не имеющем аналогов в мире, специальном стенде, который был создан как дополнительная конструкция внутри гиротронного комплекса МИГ-3 (ИОФ РАН). Комплекс МИГ-3, состоящий из двух гиротронов суммарной мощности до 1,5 МВт был создан в 2012 году для создания и нагрева плазмы в стеллараторе Л-2М [1]. Для плазмохимических исследований был использован один гиротрон Борец 75/0,8 (мощность до 0,6 МВт, частота 75,1 ГГц и длительность СВЧ импульса 0,1…15мс). В квазиоптический тракт этого гиротрона между 2 и 3 зеркалами был встроен стенд для микроволнового синтеза веществ, включающий: квазиоптический ответвитель для абсолютных измерений отраженного, проходящего и поглощенного СВЧ излучения; плазмохимический реактора, внутри которого осуществлялся синтез веществ; поточный калориметр для контроля мощности гиротрона.

По итогам научных исследований был разработан сначала прототип, а затем полнофункциональная модель оригинального плазмохимического реактора ГР-1 использующего энергию СВЧ для синтеза новых веществ [2], на который получен патент [3]. В течении шести экспериментальных сессий было наработано порядка двух тысяч различных файлов и несколько десятков страниц экспериментальных протоколов. Этот факт определил основную задачу данной прикладной работы, а именно решение проблемы структуризации и извлечения информации из получаемых слабоструктурированных экспериментальных данных, регистрации и визуализации плазмохимических процессов, а также создание системы управления экспериментальными сессиями. В данной работе представлены первые результаты создания такой системы применительно к конкретной экспериментальной задаче.

Данная система предназначена для автоматизации регистрации и анализа данных в плазмохимическом реакторе, в котором реализован режим разряда с фазой послесвечения на порядок и более превышающей длительность импульса гиротрона (более 10 мс). Основной задачей первого этапа работ была: частичная автоматизация экспериментальных сессий, запуск электронного журнала, разработка макета и прототипов программных модулей анализа и интеграции блоков будущей системы, а также работка надежной IT-инфраструктуры. В качестве главной задачи на решение которой нацелена специализирована система в целом является: сбор и обработка данных о микроволновом разряде в различных диапазонах длин волн (спектрометры, интегральные детекторы, высокоскоростные и низкоскоростные IP-видеокамеры), автоматическое протоколированное экспериментальных параметров, разграничение зон ответственности, планирование экспериментальных сессий, автоматизация обработки данных, последующая работа с электронный журналом и структуризация данных.

Реализацию задачи можно условно разделить на две части: программная и аппаратная. К программной части реализации относится создание и запуск электронного журнала, разработка программных модулей предварительной обработки данных и модулей взаимодействия с аппаратурой. К аппаратной части относятся пул высокоскоростной и низкоскоростных IP-видеокамер, детекторы ИК, УФ и рентгеновском диапазонах длин волн, СВЧ детекторы, блок высокоскоростных аналого-цифровых преобразователей, группа оптических спектрометров. В процессе работы были модифицированы существующие подсистемы: произведена калибровка существующих СВЧ детекторов, создана система накопления и анализа данных, разработан стенд для сопряжения и интеграции различных устройств в единую систему.

В целом для анализа микроволновых разрядов необходимо обеспечить регистрацию микроволновых, оптических и рентгеновских параметров, локализованных в пространстве и эволюционирующих во времени. Для управления плазмохимическим процессом в микроволновом разряде необходимо:

- знать коэффициенты прохождения, отражения и поглощения СВЧ волн;
- знать эволюцию температуры газа, плазмы и поверхности;
- знать атомный и ионный состав всех веществ, включая примеси;
- знать эволюцию свечения разряда в интеграле и в отдельных волновых диапазонах;
- иметь оценку скорости распространения фронта разряда.

Излучение разряда регистрируется с помощью ряда спектрометров Ava-Spec работающих в диапазоне 370-920 нм с разрешением 0,7 нм и 0,3 нм, в диапазоне 250-800 нм с разрешением 0,8 нм. В одном микроволновом разряде каждым спектрометром измеряется до 100 оптических спектров со скважностью порядка 4 мс. Данные сохраняются на удаленный сетевой накопитель. По полученным спектрам анализируется эволюция свечения разряда во времени, как в интегральном свете, так и в отдельных спектральных интервалах. Проводится идентификация атомных и ионных линейчатых спектров и данная информация вносится в электронный журнал. Измерение эволюции температуры порошка, плазмы вблизи порошка и плазменно-газового слоя проводится как:

- по относительной интенсивности линий с разными потенциалами возбуждения,
- по континууму, по относительной интенсивности пиков в молекулярной полосе двухатомных молекул.

Для обработки данных в автоматическом режиме написаны прототипы программных модулей на языке MATLAB и скрипты на С-подобном языке LabTalk среды OriginPro, которые позволяют производить такие оценки для групп файлов и в дальнейшем записывать результаты анализа в базу данных.

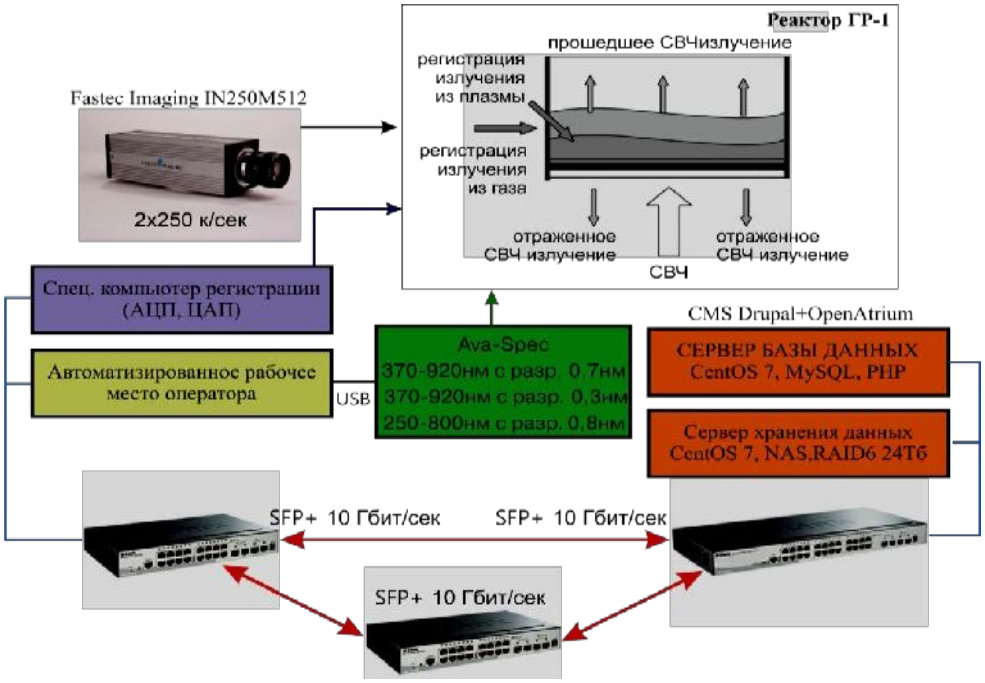


Рис.5. Стенд специализированной системы регистрации и анализа микроволнового разряда в плазмохимическом реакторе

На данном этапе работ для создания единой системы анализа данных был разработан прототип программно-аппаратного комплекса, включающий существующие спектрометры Avantes, СВЧ ответвители и детекторы, конструктивные элементы (в том числе плазмохимический реактор) и вновь создаваемую информационную инфраструктуру. Информационная инфраструктура включает (см. рис.1):

- две высокоскоростные камеры Fastec Imaging IN250M512 (250 к/сек, 512 Мб, 1 Гбит RG45, mono),
- высокоскоростные коммутаторы D-link серии DGS-1510,
- сервер базы данных, WEB сервер (CentOS 7, MySQL, PHP, 2xXeon 2.4 ГГц, 32 Гб DDRIII, 2xRAID1 4Тб SAS HDD),
- сервер хранения данных (CentOS 7, NAS, 2xXeon 2.4 ГГц, 16 Гб DDRIII, RAID6 24Тб SATAIII HDD),
- специализированный компьютер регистрации данных,
- рабочая станция оператора (автоматизированное рабочее место).

Для организации надежного резервированного подключения сетевых компонентов системы используется подключение типа «кольцо» с использованием 10 Гбит/сек SFP+ трансиверов. Подключение оборудования осуществляется на скоростях 1Гбит/сек. Организация RAID массивов на серверах и настройка резервного копирования базы данных позволяет обеспечить гарантированное сохранение технических и научных данных, а применение мощных вычислительных систем расширяемость системы на нужное количество пользователей. Применение opensource программных продуктов (CentOS,

MySQL) позволило сократить расходы на создание прототипа системы.

В дальнейшем предполагается приобретение и установка низкоскоростных плат регистрации данных ADLink DAQE-2214 (многофункциональная плата сбора данных, 16-каналов , 16-bit, 250KS/s , шина PCI Express), низкоскоростных IP-видеокамер для регистрации рабочих и технологических моментов, а так же комплекс интегральных детекторов различных диапазонов. Это позволит завершить создание полностью управляемой специализированной системы регистрации и анализа данных на плазмохимическом реакторе ГР-1.

Сравнительный анализ специализированных систем управления плазмохимическими или иными схожими процессами, позволяет определить, что такие системы распространены достаточно широко [4,5,6], но везде прослеживается недостаточная проработка такого важного компонента как системы управления экспериментальными сессиями. Данный элемент является важным и позволяет уменьшить «порог вхождения» в научную деятельность молодым специалистам и сократить влияние на научный результат «человеческого фактора». Выполненная работа по разработке электронного журнала позволяет в дальнейшем расширить возможности разрабатываемой системы. Используемая концепция работы с WEB CMS Drupal+OpenAtrium в связке с программными модулями сбора и анализа данных на сегодняшней день является уникальной. Сопряжение аппаратных блоков системы на уровне законченного приложения в дальнейшем так же позволяет отнести работу к перспективной и переориентировать ее в будущем на любое иное проблемно-ориентированное приложение. Ориентиром в области создания функционально законченных программно-аппаратных комплексов являются такие производители как «Impedans Ltd» и «Syrris Ltd» [7,8]. Данные компании с одной стороны производят высокотехнологичные специализированные системы и компоненты, а с другой стороны предоставляют расширенную информационную инфраструктуру.

По итогам работы диагностический комплекс плазмохимического реактора был расширен: добавлена цифровая высокоскоростная IP-видеокамера (IN250M512), разработаны новые методы анализа данных и электронный журнал (подсистема управления экспериментальными сессиями). Подсистема управления экспериментальными сессиями построена на современной программной среде управления контентом Drupal (CMS) с применением надстройки OpenAtrium. Данная подсистема позволяет вести электронные записи в полуавтоматическом виде и с учетом высокой интеграционной способности может быть в дальнейшем расширена до полнофункциональной системы управления научными проектами.

Исследование выполнено при частичной поддержке научного гранта РФФИ 14-07-31278 мол_а.

Библиографический список

1. Г.М. Батанов и др. Новый гиротронный комплекс МИГ-3 для создания и нагрева плазмы в стеллараторе Л-2М и результаты первых экспериментов. // Прикладная физика, 2012. № 6, С. 79-83.

2. Batanov G.M. et.al. Application of microwave discharge for the synthesis of TiB2 and BN nano- and microcrystals in a mixture of Ti-B powders in a nitrogen atmosphere // Plasma Phys. Reports. 2013. Т. 39. № 10. С. 843–848.

3. Г.М. Батанов и др. Способ получения нанодисперсных порошков нитрида бора и диборида титана // 20.07.2014, Патент РФ № 2523471.

4. A. Kobayashi et.al. Fundamental characteristics of microwave discharge type plasma source under atmosphere pressure // 28th ICPIG, July 15-20, 2007, Prague, Czech Republic.

5. L. Kenéz et.al. Automation of plasma diagnostics measurements performed in a non-isotherm plasma reactor // Studia universitatis babe-bolyai, Physica, 2008, LIII, 1.

6. Jakub Szałatkiewicz. Energy Recovery from Waste of Printed Circuit Boards in Plasmatron Plasma Reactor // Pol. J. Environ. Stud. Vol. 23, No. 1 (2014), pp 277-281.

7. Impedans Ltd [Электронный ресурс] http://www.impedans.com.

8. Syrris Ltd [Электронный ресурс] http://syrris.com.

УДК 537.8

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНОЙ ВОЛНЫ ВБЛИЗИ СТЕРЖНЕЙ С КОНЕЧНОЙ ПРОВОДИМОСТЬЮ

Шеповалов М.В., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия,

Введение

Медленная поверхностная электромагнитная волна (ПЭВ), впервые описанная А. Зоммерфельдом [1] известна уже более ста лет. Поверхностные волны нашли применение в физике плазмы (плазменная электроника, генерация плазмы, плазменные антенны) [2-4], а также в антенной технике (антенны на поверхностных волнах).

В данной экспериментальной работе были проведены исследования возбуждения и распространения поверхностной электромагнитной волны E_0 вдоль тонких цилиндрических тел (стержней) из металла, графита и угля на частотах 5,5…7,5 ГГц с целью выявления и объяснения случаев, при котором происходит распространение радиоволн вдоль поверхности проводника.

1.Экспериментальный стенд для исследования ПЭВ

Схема измерительного стенда представлена на рис.1. Излучение от генератора СВЧ колебаний Г4-82 1 поступает по кабелю через коаксиально волноводный преобразователь (КВП) в волноводный тракт 2. Затем, пройдя развязывающий волноводный ферритовый вентиль, поступает в КВП на другом конце тракта, у которого центральный проводник имеет продолжение в виде отрезка металлической трубки-антенны, в которую вставляется проводящий углеродный стержень 5. Измерение напряженности поля проводится с помощью дипольного зонда 6 который передвигается по рельсам 7 вдоль измеряемого образца. При этом зонд располагается перпендикулярно антенне. Зонд подключён через фильтр 8 к осциллографу TDS-2014 9. При измерении зонд располагается на малом расстоянии от поверхности стержня (не более 5 мм).

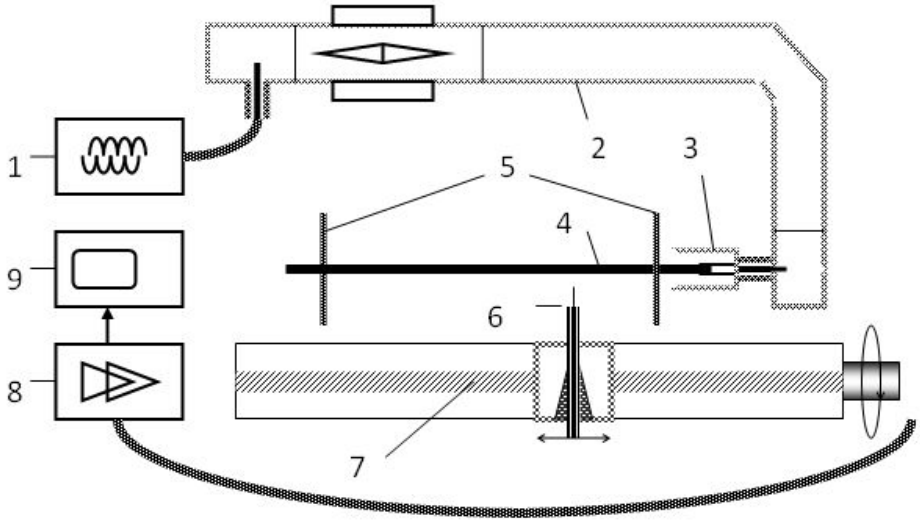
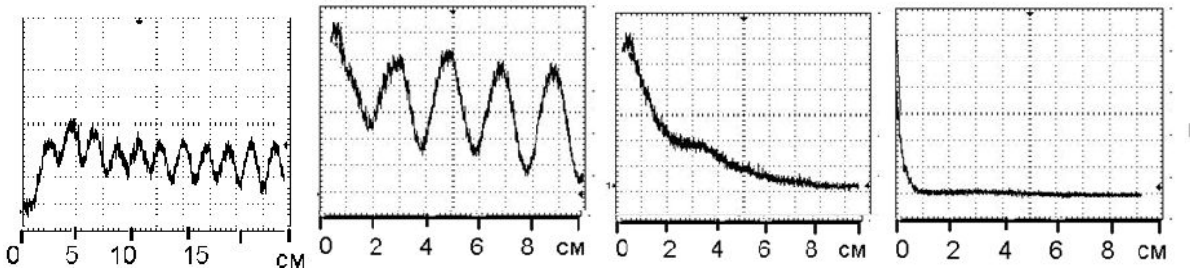


Рис.1. Схема экспериментального стенда

2. Результаты измерений

Для изучения ПЭВ на стержнях применялись различные материалы: сталь, графит и уголь. Диаметры стержней 2 мм (графитовый карандаш) и 4 мм (прессованный уголь). Графитовый стержень - это карандаш 8Н. В качестве угольного стержня использовался угольный карандаш. В эксперименте антенна расположена так, чтобы принимать радиальную составляющую поля, при этом строится распределение для E_r^2 оси стержня. При измерении ПЭВ на металлическом стержне возбуждается стоячая волна (рис.2,*а*), связанная с отражения волны от конца стержня. Аналогичная стоячая волна видна на графитовом стержне с проводимостью $\sigma \approx 10^4$ $(Ом \cdot м)^{-1}$ (рис.2,*б*). В этом случае толщина скин слоя $\sqrt{\frac{2}{\omega \mu_0 \sigma}} \approx 10^{-4}$ *м*, что

значительно меньше, чем диаметр стержня. Это означает, что ПЭВ распространяется по проводникам с таким скин слоем. Однако на угольном карандаше с проводимостью 1.65(Ом·м)$^{-1}$ ПЭВ не возбуждается (рис.2,*в*). Это связано с тем, что проводимость угольного карандаша относительно мала, поэтому толщина скин слоя 10^{-2} *м*. Для данной частоты она сопоставима с диаметром стержня. При этом волна находится внутри материала, где она затухает. Тем не менее, на угольном стержне волна распространяется с менее резким затуханием, чем при отсутствии стержня (рис.2,*г*).



а) б) в) г)

Рис.2. Сигнал от зонда, двигающегося вдоль стержней из а) – металла, б) – графита (стержень карандаша 8Н), в) – угля (стержень угольного карандаша), г) – без стержня

Заключение

При измерении ПЭВ на графитовом стержне возбуждается стоячая волна, такое же распределение поля наблюдается на стержне из стали. При использовании угольного карандаша стоячая поверхностная электромагнитная волна не формируется. Это связано с тем, что поверхностная волна не распространяется, когда величина скин слоя сопоставима с диаметром стержня. При таких больших величинах этого слоя волна находится внутри проводника, где она сильно затухает. Но в случае, когда эта толщина мала, т.е. в металле или графите, волна не может находиться глубоко в материале, соответственно она распространяется вдоль поверхности проводника.

Автор выражает благодарность Сергейчеву К.Ф., Карфидову Д.М. и Богачеву Н.Н. за участие в получении и обсуждении полученных результатов.

Библиографический список

1. Sommerfeld A. // A Math. Ann. 1896. No 47. P. 317.

2. Trivelpiece A.W., Gould. R.W. Space charge waves in cylindrical plasma columns. // J. Appl. Phys. 1959. V.30. No 11. P. 1784.

3. Moisan M., Zakrzewski Z. and Pantel. R. // J. Phys. D. 1979, V.12, P. 219.

4. Истомин Е.Н., Карфидов Д.М., Минаев И.М., Сергейчев К.Ф. и др. // Физика плазмы. 2006. Т. 32. № 4. С. 423.

СЕКЦИЯ 5. ПОДГОТОВКА ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КАДРОВ ДЛЯ НАУКОЕМКИХ ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

УДК: 316.35

ХАКЕРЫ КАК ВЫЗОВ СОВРЕМЕННОМУ ОБРАЗОВАНИЮ

Агафонов А.Н., Епифанов Р.А., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

В условиях быстрорастущей информатизации современного мира весьма остро стоит проблема защиты информации. Это связано, прежде всего, с все возрастающим интересом к ней со стороны преступных элементов (как конкретных лиц, так и организаций), которые изучают информационные системы с целью выявления в них уязвимостей и получения несанкционированного доступа к информации, хранящейся и обрабатывающейся в них. Именно поэтому актуализируется необходимость в подготовке высококвалифицированных специалистов в области информационной безопасности с целью защиты систем от подобных элементов. Наряду с целым комплексом научных и научно-технических дисциплин таким специалистам важно знать специфику деятельности тех, кто, так или иначе, причастен к киберпреступлениям. В данной статье предпринят анализ особенностей хакерского движения и хакерской субкультуры.

Согласно «The New Hacker's Dictionary» [1], HACKER – это: 1. Индивидуум, который получает удовольствие от изучения деталей функционирования компьютерных систем и от расширения их возможностей, в отличие от большинства пользователей компьютеров, которые предпочитают знать только необходимый минимум; 2. Энтузиаст программирования; индивидуум, получающий удовольствие от самого процесса программирования, а не от теоретизирования по этому поводу.

Анализ литературы [2,3,4,5], в которой исследуются проблемы компьютерного взлома, специфика хакерской субкультуры показал, что практически повсюду отсутствует та грань, которая четко разделяет всех субъектов, так или иначе связанных с компьютерной безопасностью. Как правило, мнение о них сводится либо к резко-негативному (хакеры – преступники), либо к более нейтральному (хакеры – «санитары леса»). Однако, представляется, что у этой проблемы существует две стороны: положительная и отрицательная, с четкой гранью между ними.

Всех так называемых хакеров можно разделить на две группы: на, собственно, хакеров *(hackers)* и кракеров *(crackers)*. И хотя и те, и другие, на первый взгляд, решают схожие задачи (такие, например, как изучение архитектуры информационной системы, выявление ее изъянов и т.п.), однако первые осуществляют именно поиск уязвимостей в ЭВМ, в то время как вторые используют эти уязвимости в своих личных целях (в том числе для взлома или атаки).

Основной целью хакера является выявление уязвимостей для последующего их устранения и/или информирования о таковых разработчиков, системных администраторов и пользователей. Как правило, после анализа системы хакер формирует рекомендации для повышения уровня ее защищенности. Тем временем основной задачей кракера является взлом для дальнейшего получения доступа к информации, хранящейся и обрабатывающейся внутри системы, то есть с целью кражи персональной информации или объявлении о факте взлома. По своей сути, кракер является обыкновенным вором и мошенником.

Таким образом, существует принципиальная разница между этими группами. Именно поэтому следует различать хакеров и кракеров. Сам по себе хакер в данном контексте – это специалист.

В самом начале нашей работы мы воспользовались определением из словаря Guy L. Steele. Такая трактовка понятия «хакер» значительно отличается от трактовки этого же понятия в СМИ. Тем не менее, нельзя не обратить внимание на тот факт, что в последнее время некоторые специалисты, например, такие как Илья Медведовский, генеральный директор Digital Security [5], стали внимательнее относиться к смыслу данного понятия.

Ограниченность интересов кракеров является причиной того, что подавляющее большинство из них являются малообразованными скрипт-кидди (англ. Script kiddie). Скрипт-кидди – это люди, у которых отсутствует опыт исследования сложноорганизованных систем, поэтому они довольствуются взломом плохо администрируемых систем с помощью чужих программ для взлома (так называемых exploit’ов). Однако, наряду с этим, существует и «элита» кракеров. К ней относятся все остальные, кто не стал останавливаться на первом этапе скрипт-кидди, а стал совершенствовать свои навыки. Их очень сложно остановить, но, как показывает практика, вполне возможно. Достаточно пригласить высококвалифицированного хакера для исследования системы и последующего устранения ее уязвимостей.

Кроме того, всех кракеров можно разделить еще на три подгруппы. Деление производится по цели, с которой совершается взлом: кракеры-вандалы, кракеры-«шутники» и кракеры-профессионалы.

Представители подгруппы кракеров-вандалов наиболее известны на сегодняшний день. Их основной целью является полное или частичное разрушение компьютерных систем. Например, вирус «троянский конь» являются делом их рук. Заметим, что эти люди не пользуются популярностью как среди профессиональных хакеров, так и других групп кракеров (более того, к ним относятся резко отрицательно). И для этого есть причины. Контингент данной группы составляют новички или малоопытные кракеры. Любому более или менее продвинутому кракеру очень быстро надоедает «издеваться» над нерадивыми пользователями, системными администраторами и разработчиками. И тогда кракер переходит на новую ступень своего развития: он вырастает в кракера-профессионала или кракера-взломщика.

Взломщики являются «высокоуважаемыми» кракерами. Они обладают достаточными знаниями для осуществления взлома с серьезными намерениями, будь то взлом с целью кражи денежных средств, подмены или удаления конкретной информации, хранящейся в системе. В то же время, мы считаем, что редкий человек может «бросить камень» в кракера-взломщика, ибо большинство коммерческих и условно-бесплатных программ «крякает» именно эта группа кракеров. Особенно это актуально в наших реалиях, когда по статистике [6] на 57% персональных компьютеров, так или иначе, используется пиратский софт. И то, чем занимаются «взломщики» рассматривается как серьезное преступление в большинстве стран мира.

Наряду с вышеперечисленными группами кракеров существует еще одна заслуживающая внимания группа – кракеры-«шутники». Основная деятельность этих людей заключается во взломе систем с целью безобидных шуток, которые обычно не наносят значимый материальный ущерб. Как правило, основная их цель – самопиар.

Причины, побуждающие хакеров к действиям, весьма различны, среди них: месть, самореклама, нажива и асоциальное поведение. Месть хакера заключается в своеобразной сатисфакции над жертвой-обидчиком, посредством применения своих профессиональных навыков с целью «насолить» ей. Причиной асоциального поведения хакера может явиться его идеология и мировоззрение. Взламывая сеть правительства, хакер считает, что он вносит хаос и это должно послужить, в свою очередь, толчком к переосмыслению несправедливых законов и приносит пользу обществу. Хакеры занимаются саморекламой для раскрутки своего «ника» или организации, в который они состоят, тем самым, пополняя свое «портфолио» и приобретая уважение в своих кругах. Хакерством для наживы занимаются люди, которые либо не видят в себе других способностей для заработка денег, либо из-за недостатка

средств. Для того, чтобы более детально разобраться в особенностях действий хакеров приведем несколько примеров взломов: 1) один миллион долларов, украденный с помощью ЭВМ Джерри Шнайдером при выставлении счетов за оплату телефонных разговоров в 60-х годах, давным-давно стократно превзойден и вычеркнут из книги рекордов Гиннесса; 2) зафиксирована чуть не закончившаяся успехом попытка выкрасть хакерами 15,2 миллионов долларов государственного лотерейного фонда штата Пенсильвания; 3) трое больных раком скончались из-за модификации программы радиологической облучающей установки, задавшей им в 100 раз более высокие дозы облучения; 4) недавние взломы iCloud, когда утечки коснулись, в том числе, и звезд мирового масштаба и т.д.

В последнее время участились случаи создания децентрализованных, организованных и стихийных хакерских объединений. Люди объединяют в них свои ресурсы для достижения общей цели, которой не добился бы никто из них по отдельности, действуй он в одиночку. Ярчайшими примерами таких хакерских объединений являются Anonymous, LulzSec, Lizard Squad и другие.

Для изменения сложившейся ситуации необходимо пересмотреть вопрос подготовки и принятия на работу новых сотрудников информационной безопасности. Специально разработанный документ, призванный решить проблему киберпреступности в России – «Доктрина информационной безопасности Российской Федерации» ставит эти задачи наряду с другими важнейшими задачами государственной политики [7]. С определенной долей позитива следует отметить, что в этом направлении ведется большая работа на уровне государств и в международном сообществе. Но, несмотря на принимаемые меры, уровень киберпреступности достаточно высок. Так, в России наряду с тенденцией на упрощение получения доступа к информации, любой заинтересованный может купить себе, например, журнал «Хакер», ежемесячно издаваемый и пополняемый свежими (и не очень) приемами взлома информационных систем. Кроме того, в Интернете существует множество (в том числе и русскоязычных) форумов, где хакеры делятся своим опытом, а также отвечают на вопросы, задаваемые Интернет-сообществом.

Подводя итоги, отметим, профилактикой «втягивания» молодежи в эту сферу преступности может стать работа в школах, направленная на разъяснение подросткам опасности и потенциальной ответственности за действия, которые совершаются хакерами. Это поможет остановить рост инцидентов, когда хакер действует неосознанно, не понимая или не веря в наступление последствий. С теми же хакерами, которые действуют полностью осознавая, чем они занимаются, нужно бороться

иными методами (прежде всего правовыми), а также с привлечением специально обученных специалистов. Подготовка таких специалистов должна стать первоочередной мерой по борьбе с организованной преступностью в сфере информационных технологий [8]. В условиях глобальной информатизации мира существенно возрастают требования к качеству образования. Качество образования становится императивом современности, определяя образовательные установки субъектов образования, цели и задачи в области образования, учитывая их включенность в социально-культурный контекст, и, наконец, стратегию образовательной деятельности, а также ее результат. Образование предстает как единый процесс воспитания и обучения, направленный на формирование целостной личности, ее духовно-нравственных ценностей [9]. Современный специалист в области защиты информации должен владеть совокупностью специальных знаний и уметь применять эти знания в своей профессиональной деятельности, обладать критичностью мышления и быть готовым к освоению нового, уметь принимать решения и нести профессиональную, социальную и гражданскую ответственность.

Библиографический список

1. Steele Guy L. The New Hacker's Dictionary / 3rd Edition. - The MIT Press, 1996. – 547 с.

2. Скородумова О.Б. Хакеры как феномен информационного пространства // Социологические исследования. – 2004. – №2. – С. 70-79 .

3. Касперски К. Техника и философия хакерских атак – записки мыщ'а. – М.: СОЛОН-Пресс, 2004. – 272 с.

4. Хакер. Электронный журнал. Выпуски #150-#194 // [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://xakep.ru/issues.

5. Медведовский И. Санитары леса, 2014 // [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://dsec.ru/blog/the_attendants_of_the_forest.

6. Результаты 9-го ежегодного глобального исследования пиратства, BSA/IDC, 2012 // [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://www.microsoft.com/ru-ru/antipiracy/investigation.aspx.

7. Доктрина информационной безопасности Российской Федерации (утверждена Президентом Российской Федерации В. Путиным 9 сентября 2000 г., № Пр-1895 // [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://www.scrf.gov.ru/documents/6/5.html.

8. Hoglund G., McGraw G. Exploiting Software: How to Break Code. Addison-Wesley Professional, 2004. – 512 с.

9. Матронина Л.Ф. Качество образования как императив современности // Философия образования. – 2014. – №1. – С. 11-19.

УДК 378

ОСНОВНЫЕ ПРИЧИНЫ СНИЖЕНИЯ ИНТЕРЕСА К ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКЕ УЧАЩИМИСЯ ВУЗОВ

Голубев А.С., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Снижение интереса к высшей технической подготовке произошло в начале 1990-х гг. Вызвано это было рядом причин. Прежде всего, беспрецедентная приватизация государственной собственности в 1992-1995 гг., закрытие большого количества предприятий, не сумевших приспособиться к принципиально новым условиям хозяйствования, перепрофилирование ряда производств – все это отразилось на трудоустройстве молодых кадров. Нестабильность экономики и неустроенность промышленной сферы вызвали отток молодежи на те специальности образовательной подготовки, которые могли гарантировать хоть и минимальную, но стабильную заработную плату в будущем.

Вторая причина – высокие затраты умственного труда, несоизмеримо большие требуемых для освоения гуманитарных дисциплин, а также тяжесть и, часто, вредность условий труда на промышленных предприятиях. Осуществляя выбор между сложным и более легким, на их взгляд, путем к знаниям большая часть молодежи делает выбор в пользу «легкого».

Третья причина – несмотря на амбициозные заверения государства о всеобщей модернизации, которая будет способствовать созданию новых рабочих мест и, прежде всего, в сфере наукоемких технологий, что делает инженерные кадры самыми перспективными, современный рынок труда живет по своим законам. Сегодня самой востребованной профессией (в том числе, дипломированной) является менеджер по продажам, а никак не инженер. Кроме того, обзор доходов работников разных сфер деятельности показывает, что средний уровень заработной платы работников торговли отличается от уровня заработной платы работников обрабатывающей промышленности незначительно – 22439 тыс. руб. в торговле против 24480 тыс. руб. в промышленности [1].

Сопоставление численности выпускников образовательных организаций высшего профессионального образования, получивших образование в области науки, технологии, производства и строительства в возрасте 25-34 лет, т.е. той когорты молодых людей, которая составляет основу инновационной экономики, в России и выборочных государствах, подчеркивает явное отставание нашей страны от многих участвующих в сравнении держав. У Германии, Франции значение данного показателя выше, чем у России, на 15%, у Великобритании и Южной Кореи – на 42%. Финляндия же

демонстрирует самое высокое значение данного показателя – 3053 чел. на 100 тыс. занятых, что превышает аналогичное значение отечественного показателя более чем в два раза (см. табл.1) [1].

Таблица 1

Численность выпускников, получивших образование в области науки, технологии, производства и строительства в расчете на 100000 занятых в возрасте 25-34 лет в России и других странах в 2011 г., чел.

Страна	Численность выпускников, чел.
Россия	1481
Великобритания	2103
Германия	1699
Р-ка Корея	2421
США	1241
Франция	1863
Финляндия	3053
Япония	1242

Добавим к этому сравнительную статистику выпуска специалистов образовательными организациями высшего профессионального образования в 2004 и 2011 гг. [2]. Согласно официальной статистике, наша страна испытывает дефицит специалистов технического профиля на фоне явного переизбытка выпускников образовательных организаций высшего профессионального образования, получивших образование в области гуманитарных и экономических наук. В частности, если в 2004 г. вузами России было выпущено около 340 тыс. специалистов по специальности «Экономика и управление», то в 2011 г. – свыше 500 тыс. В свою очередь, количество выпускников по специальности «Металлургия, машиностроение и металлообработка» наоборот снизилось с 22 тыс. чел. в 2004 г. до 21 тыс. чел. в 2011 г. [2].

Данное соотношение складывается на фоне важнейшего политического решения, изложенного в стратегических документах Правительства России о переводе отечественной экономики с инерционного энергосырьевого на инновационный путь развития, важнейшим условием возможности которого становится научно-технический прогресс и подъем реального сектора экономики, главным образом, за счет активной вовлеченности специалистов технической квалификации.

По нашему мнению, условием инновационного развития российской экономики является кадровое обеспечение отечественных промышленных предприятий квалифицированными специалистами. Для решения этой задачи требуется не только уделять пристальное внимание качеству подго-

товки студентов вузов, но и проводить масштабную работу по профессиональной ориентации школьников, призванной выявить их предрасположенность к инженерному делу. Кроме того, важным условием возобновления интереса к высшей технической подготовке является популяризация деятельности инженеров – созидателей, без трудовых усилий которых невозможно возрождение и, что главное, развитие высокопроизводительного промышленного производства [3].

Библиографический список

1. Россия в цифрах 2013. – М.: Росстат, 2013.
2. Индикаторы образования 2013. Статистический сборник / Под ред. М.Ю. Соколовой. – М.: НИУ ВШЭ, 2013.
3. Шацкая И.В. Система профессионального образования как источник кадрового обеспечения модернизационных преобразований российской экономики: Монография. – М.: Издательство «Спутник +», 2014.

УДК: 378

РОЛЬ ФИЛОСОФИИ И ГУМАНИТАРНЫХ НАУК В ТЕХНИЧЕСКИХ ВУЗАХ

Калинин Д.В., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Цели и задачи гуманитарных наук в техническом образовании точно определены и общеизвестны. Хотя их роль при этом является вспомогательной, невозможно представить себе учебный процесс, состоящий только из предметов по специальности, без философии, социологии, культурологии. В ряде работах на эту тему отмечается, что выпускникам вузов зачастую не хватает организаторских способностей, элементарной гибкости поведения, которая должна базироваться на знаниях в области психологии, социологии, менеджмента. Молодые специалисты нередко обнаруживают беспомощность при решении вопросов взаимодействия человека и техники, мало осведомлены о научной организации труда. Многие молодые инженеры не вооружены знаниями принципов общения с рабочими, ИТР, руководителями, не знакомы с системой побуждения и мотивов поведения в деятельности коллектива, личностными целями и межличностными отношениями, поэтому главную роль в решении этой проблемы берут на себя гуманитарные науки путем формирования научного мировоззрения, ценностных ориентаций и жизненных позиций у студентов.

Особое внимание следует уделить философии как стартовой дисциплине, открывающей все гуманитарное направление и являющейся одновременно истоком и связующим звеном для остальных наук. На ее примере мы будем рассматривать практическую составляющую нашего вопроса. Роль гуманитарных наук в техническом образовании хоть и должна быть такой, какой мы ее описали выше, на деле определяется самим студентом, его отношением к пройденным дисциплинам, качеству остаточных знаний, желанием их применять и совершенствовать в дальнейшем самостоятельно. Например, базовый курс истории философии большинство студентов нашего вуза воспринимают не как знакомство с идеями философов разных эпох, а как обязательную демонстрацию знания имен и основных положений философский идей, чаще всего наизусть, так как попытки их осмысления считаются бесперспективной тратой времени по причине отсутствия интереса и четкого понимания преимуществ использования этих знаний в их специализации. Стремление человека к достижению целей при минимуме затраченных ресурсов как внутренних, так и внешних, а также особенность технического склада ума искать кратчайшее рациональное решение любой задачи, создает проблему для эффективного изучения философии и других гуманитарных дисциплин, решить которую можно только адаптацией учебного процесса и способов подачи информации. Это требует не только модернизации программы курса, но и особого подхода со стороны преподавателя к каждой группе студентов. Для решения проблемы в первую очередь нужно найти способы заинтересовать обучающегося, показав ему то, какие знания можно извлечь из курса и как ими пользоваться в его интересах, в результате открыв пути для саморазвития в данной области.

Далее представлена концепция эффективного подхода к подаче информации с примерами, проверенными на практике. Основная идея состоит в том, чтобы продемонстрировать переходы от эмпирического мышления к умозрению, от стремления к поиску единственно правильного решения к попытке осознать наибольшее количество возможных решений, каждое из которых по-своему верное. Студентам предлагается задача с привычным для них четким условием и поставленным вопросом. В процессе решения обнаруживается несколько вариантов ответов, не конфликтующих друг с другом. Далее подводится общий итог (вывод) как синтез всех найденных вариантов. Самый важный заключительный этап – показать студентам, что в процессе решения задачи был найден собственный, оригинальный ответ на один из фундаментальных внутренних вопросов.

Задача: сколько логических ходов сделал Ньютон, чтобы получить закон всемирного тяготения, после того, как на него упало яблоко.

На первый взгляд подразумевается точный численный ответ, который, однако, может быть только путем постановки себя в данную ситуа-

цию, пошагово приближаясь к формулировке известного закона. Один из возможных ответов – «Яблоко упало вниз, значит, земля притягивает яблоко (1 ход). В свою очередь, исходя из третьего закона Ньютона, яблоко тоже притягивает землю (2 ход). Все остальные тела тоже падают на землю, следовательно, закон распространяется и на них (3 ход). Любое тело и земля притягиваются друг к другу, значит, притяжение действует между всеми телами (4 ход). Закон всемирного тяготения получен четырьмя логическими ходами».

Как мы отмечали выше, это только один из возможных ответов, так как решение, состоящее из получения закона даже одним ходом, имеет право на существование, не говоря уже о различных многоходовых версиях, учитывающих вывод формулы, понятие массы и инерции, основы небесной механики и т.д. В процессе конструктивного спора, о том, какой из ответов все таки верен, участники должны прийти к выводу, что возможен любой, так как никому не может быть известно, как именно рассуждал в тот момент Ньютон, а смысл задачи на самом деле – понять и сформулировать свой способ мышления, научиться видеть и обобщать альтернативные методы.

Задача в виде интерактивного диалога. Преподаватель играет роль человека, объясняющего любые непонятные явления сверхъестественными причинами. Студенты должны убедить его в том, что научный подход имеет больше преимуществ и является прогрессивным.

Путем коллективного обсуждения участники вырабатывают общий критический метод познания сущего, а также способ логически убедить оппонента в эффективности такого метода. Главным аргументом в этом диалоге должно стать стремление науки к изучению явления с целью взять процесс под контроль и уметь предсказывать его течение с максимальной точностью. Победив в данном споре, студенты ответят для себя на один из важнейших философских вопросов – в чем смысл научного подхода? Также задание наглядно показывает преимущество и недостатки эмпирического метода познания мира по сравнению с умозрением и как их сочетать. Для усложнения задачи преподаватель может пользоваться приемами софистики, стараться завести диалог в логический тупик, создав патовую ситуацию, выйти из которой можно только вернувшись к предмету разговора.

Путем построения таких задач можно поставить перед студентами любые вопросы (например, вопросы, которые ставили перед собой различные философы), предлагая учащимся найти свой ответ и сравнить его как с ответами товарищей, так и с описанными в литературе курса, таким образом побуждая к анализу не только схожих идей, но и к критической оценке противоположных, открывая для себя основы диалектики. Активное участие студентов поддерживает интерес и подталкивает к самостоя-

тельному изучению предмета. Роль гуманитарных дисциплин, и прежде всего философии возрастет, если отойти от методичного штудирования материала и перейти к интерактивному обучению, полностью погрузившись в которое можно раскрыть весь потенциал учащихся.

Библиографический список

1. Добрускин М.Е. Роль гуманитарного образования в подготовке инженеров. – Харьков, 2001.
2. Кочеткова Л.Н. Проблемы и перспективы преподавания гуманитарных наук в техническом университете // Научный вестник МГТУ МИРЭА. – 2012. – №1(12). – С. 31-38.
3. Панина Г.В. Социологическое образование будущих инженеров. – М., 2010.
4. Warburton N. Philosophy: Basic Readings. – Routledge, 2004.

УДК 62-05

ИСТОРИЯ РАКЕТОСТРОЕНИЯ В МИРЭА КАК ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ФАКТОР В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ СТУДЕНТОВ

Клюшник Д.А, МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Современная ситуация на рынке труда требует развития инженерной деятельности и инженерного образования. Представляется, что знание студентами истории развития выбранной специальности поможет им в мотивации к добросовестному и ответственному обучению в стенах института. Студенты должны четко представлять свои цели и ценности в образовательном процессе, и тем самым формировать себя как высококвалифицированных специалистов. Знание истории формирования МИРЭА, института РТС полезно для студентов данного направления образования.

Вторая мировая война (1939-1945 гг.) стала крупнейшей экономической катастрофой для СССР и ряда других государств. Было уничтожено более 30% национального богатства Советского Союза. Процесс восстановления и развития промышленности, транспорта, других отраслей проходил ценой сверхнапряжения и концентрации ограниченных ресурсов. Стране требовались образованные люди, в срочном порядке нужно было отлаживать производства, укреплять оборону страны за счет новейших вооружений и разработок.

Шел 1947 год. Отечественная война еще не далекое прошлое. Она - вчерашний день... С 1 сентября по распоряжению Совета Министров СССР от 28 мая 1947 г. начал работать Всесоюзный заочный энергетический институт подготовки и усовершенствования инженеров. ВЗЭИ являлся головным институтом в системе заочного образования по энергетическим и радиотехническим специальностям, готовил инженеров для оборонной промышленности и многих новых отраслей энергетики. Продолжая традиции российской инженерной мысли, ВЗЭИ видоизменял свои функции в соответствии с потребностями науки и техники. В процессе его деятельности формировались многие направления учебного процесса, структура и кадры современного технического вуза. Так, в начале 60-х годов в связи с необходимостью расширения подготовки специалистов по радиоэлектронике и электронной технике развернулось реформирование ВЗЭИ — переход от преимущественно энергетического направления вуза к наукоемким технологиям. Масштабная модернизация ВЗЭИ стала осуществляться после того, как 19 декабря 1964 года ректором института был назначен крупный организатор высшего образования и науки Н.Н. Евтихиев. Постановлением Правительства от 30 июня 1967 года Всесоюзный заочный энергетический институт (ВЗЭИ) был преобразован в Московский институт радиотехники, электроники и автоматики (МИРЭА).

Благодаря поддержке таких академиков как Семенихин В.С., Пилюгин Н.А., Берг А.И. и др., решением военно-промышленной комиссии была принята оригинальная для технического образования система обучения: «вуз - базовая кафедра». Базовые кафедры были организованны на ряде ведущих предприятий оборонных отраслей промышленности города Москвы. Такая концепция обеспечивала качественный и современный на тот момент уровень подготовки специалистов, которые быстро адаптировались и включались в реальную работу. Тесная связь с наукой и производством обуславливала актуальность дипломных работ, выполненных по тематике базового предприятия или выпускающей кафедры института.

В МИРЭА велись работы по оснащению ракет, самолетов, кораблей и другой военной техники различным, иногда даже и уникальным, радиоэлектронным оборудованием, которое увеличивало общие характеристики и давало огромное преимущество военной технике. Старейшим факультетом института, ведущим свое начало с послевоенного периода, является радиотехнический факультет. Здесь научный коллектив кафедры радиопередающих устройств разработал и изготовил радиопередающее устройство с электроннопучковой антенной для орбитальной станции «Мир». Устройство было установлено в 1988 г. и проработало в течение 13 лет. С его помощью было совершено более 500 сеансов связи. В 1994 г. непосредственно из стен института космонавт Анатолий Павлович Арцебарский провел

сеанс связи с ракетным комплексом «МИР».

Также необходимо отметить огромный вклад академика Пилюгина Николая Алексеевича в развитие ракетостроения СССР. Он является основоположником отечественных систем автономного управления ракетными и ракетно-космическими комплексами. Под руководством Н.А. Пилюгина были разработаны системы автономного управления многих советских баллистических ракет (таких как Р-1, Р-7), с которыми связанны все основные успехи в освоении космоса: запуск первого спутника, первый полет человека в космос, многоразовый транспортный космический корабль «Буран». Н.А. Пилюгин считается также основоположником первых отечественных межконтинентальных ракет, первого советского искусственного спутника Земли, космических аппаратов для исследования Луны и ряда других планет. Всего более 70 типов изделий боевого и мирного назначения были сконструированы под его руководством.

Н.А. Пилюгин совместно с В.С. Семенихиным в МИРЭА организовали первые базовые кафедры, готовящие специалистов в области систем управления (кафедры автоматики и приборостроения, автоматизированного проектирования, конструирования радиоэлектронных систем и др.). Академик Пилюгин разворачивал работу по системе управления ракет уже на своей новой базе на юго-западе Москвы. Получив задание разработать полностью автоматизированную систему подготовки пуска с временем готовности не более трех минут, он также решил захватить систему дистанционного управления и контроля (в окончательном варианте для РТ—2 была принята на вооружение система дистанционного управления пуском, разработанная в Ленинградском НПО "Импульс").

В 1988-1990 гг. коллективом инженеров и ученых под руководством А.П. Реутова (заведующего кафедрой Радиопередающих устройств с 1986 г.) были разработаны и унифицированы многофункциональные радиоэлектронные цифровые комплексы систем управления вооружением самолетов МиГ-29 и СУ-27. В науке А.П. Реутов специализировался в области радиолокации с синтезированной апертурой, систем информатики и методов формирования и обработки радиосигналов; являлся разработчиком радиоуправляемого оружия и систем радиолокационного обзора Земли со сверхвысокой разрешающей способностью, был инициатором разработки дистанционной радиоуправляемой робототехники. Под его руководством были созданы малоразмерные многофункциональные дистанционно-управляемые летательные аппараты для решения задач контроля энергосетей, состояния коммуникаций, обеспечения спасательных работ в сложных метеоусловиях.

Необходимо отметить и современные достижения МИРЭА в ракетостроении. Научная группа "Научно-технического центра высоких технологий плазмодинамики", которой долгое время руководила д.ф.-м. наук А.И. Бугро-

ва, проводит работы по созданию, разработке и конструированию плазменных ускорителей. Эти стационарные ускорители обладают уникальными характеристиками: имеют высокий КПД, большой удельный импульс, мало расходящуюся струю и низкий уровень шумов в широком диапазоне частот, поэтому они могут быть использованы для выполнения различных задач в ионно-плазменной технологии и в Космосе на борту искусственных спутников Земли. Их отличительная особенность в том, что им нет аналогов в мировой технике. В результате работ данной научной группы был создан и испытан параметрический ряд плазменных источников, работающих в широком диапазоне мощностей и на различных рабочих веществах. Двигатели малой мощности (до 300 Вт) способны работать на малых космических аппаратах, используемых для связи и для метеорологических измерений.

Сегодняшних студентов, выбирающих специальности, связанные с приборо- и ракетостроением, волнует вопрос о перспективах развития этой области. К сожалению, пока многие заводы времен СССР законсервированы, а новые практически не строятся. Однако, очень хорошо развиваются системы ПВО и РЛС с АФАР, в том числе и оптоволоконная связь. При помощи оптоволокна можно выходить на сверхвысокие частоты, оптика не подвержена воздействию электрических помех, что делает ракеты и комплексы на основе оптоволокна невидимыми на радарах. Такие комплексы могут выступать в качестве источника помех, что серьезно затруднит связь противника, они практически неуязвимы перед электромагнитным оружием, а это крайне затруднительно делать при помощи обычной электрической связи.

Пока еще нужно признать, что наша страна находится в техническом кризисе, и для выхода из него крайне необходимы глубочайшие, фундаментальные открытия и изобретения. Необходимо создать новую уникальную фундаментальную базу в области оптоэлектроники, которой нет за рубежом (ни в Германии, ни в Швейцарии, ни в Соединенных Штатах). Эта область науки начинает стремительно развиваться, и хочется надеяться, что мы еще сможем удивить мир своими когерентными лазерами, vcsel (поверхностно-излучающий лазер с вертикальным резонатором) лазерами, фотоприемниками, модуляторами. Нужно отдать должное российскому физику Ж.И.Алферову за огромный вклад в этой области, за что он и получил Нобелевскую премию. Необходимо развернуть мощнейшую работу по привлечению, по существу, всего научного потенциала страны: целевых промышленных институтов, к которым принадлежит и наш институт. Если это станет национальной программой, то, возможно, спустя 10 лет мы войдем в тройку лидеров государств в области высоких технологий.

В заключение хочется сказать, что история страны и науки создается конкретными людьми. Для успешного развития инженерии в нашей стране и в стенах МИРЭА талантливым преподавателям в процессе обучения стоит

активно вовлекать студентов в проектные и научно-исследовательские работы института. Это поможет студенту убедиться в правильности его выбора будущей профессии и раскрыть свои таланты в инженерной области.

Автор благодарит сотрудника музея МГТУ МИРЭА Татьяну Элевну Гельфман за помощь в поиске и подборе материалов для написания статьи.

Библиографический список

1. Гельфман Т.Э., Епонешнекова Г.В., Проколова Л.И., Суслов А.Д., Шмакова Д.М. Страницы истории МИРЭА (по материалам музея МИРЭА). – М., МИРЭА, 2007. – 50 с.

2. Мацак А.В., Замуруев С.Н., Синицын И.Н. Радиопромышленность. А.П. Реутов // Наукоемкие технологии. – 2006. – № 7. – С. 9-13.

3. Мацак А.В., Замуруев С.Н., Синицын И.Н. Информационная безопасность в телекоммуникационных сетях // Наукоемкие технологии. 2006. – № 8. С. 47-53.

4. Гладышева Е.В., Марычев Е.А., Тихонов А.А. История и перспективы развития инженерной деятельности и инженерного образования в России (инновационный аспект) // Вестник МГТУ МИРЭА («Herald of MSTU MIREA»). – 2014. – № 3(4). – С. 270-284.

УДК 331

КАДРОВАЯ ПРОБЛЕМА В ЭКОНОМИКЕ РОССИИ

Лобанов И.С., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Сегодня мы наблюдаем ухудшение кадровой ситуации во всей экономике нашей страны. Ряд отраслей испытывает дефицит рабочей силы определенной квалификации и соответствующего качественного уровня образовательной подготовки, устранить который можно только на основе повышения качества образовательных услуг и обеспечения их полного соответствия потребностям рынка труда [1].

Проблема усугубляется сложностью подготовки специалистов для отраслей, которых пока нет в природе. В результате развала предприятий ряда ведущих отраслей промышленности (например, станкостроительной) распалась и существовавшая система подготовки кадров, которая функционировала на их основе. При заводе был станкостроительный техникум, профессионально-техническое училище, готовившие кадры для завода. Как показывает ситуация с кадрами на предприятиях военно-

промышленного комплекса, развитию которого руководством страны уделяется несравненно большее внимание по сравнению с другими отраслями, улучшение профессиональной и возрастной структуры кадров промышленных предприятий – одна из сложных задач [1].

Как отмечалось на круглом столе в Госдуме в мае 2013 г., средний возраст работников ВПК – 55-57 лет. Свыше 30% из них уже перешагнули 60-летний рубеж [1]. ВПК испытывает острую нехватку инженеров-технологов (не хватает 17%), инженеров-конструкторов (нехватка 22%) и квалифицированных рабочих (40%) [2]. Фактически, это настоящая кадровая катастрофа, грозящая обернуться крупным ущербом обороноспособности страны.

Кадровый аспект затормаживает процесс модернизации России. Мы говорим о падении престижа рабочего труда, снижении престижа технического образования и, как следствие, переизбытке гуманитариев, что проявляется в колоссальных диспропорциях в структуре спроса и предложения на рынке труда. Добавим к этому сложную демографическую ситуацию, когда прирост населения по сей день находится в прямой зависимости не от рождаемости, а от миграции. Это свидетельствует о том, что положение с кадрами в настоящее время тяжёлое даже в традиционно передовых, опекаемых Правительством отраслях, а не только в сфере образования. Нужны большие дополнительные материальные, финансовые и организационные усилия для того, чтобы поправить положение [1].

Все перечисленные выше тенденции стимулируют низкую инвестиционную привлекательность российского образования, снижение его конкурентоспособности на мировом рынке образовательных услуг. В конечном итоге это приводит к невыполнению социальных функций образования, что влечет за собой нецивилизованное, не подчиняющееся законам социальной справедливости замедление социальной мобильности молодежи.

Кроме того, до сих пор нет единых критериев качества образовательной деятельности. Приказом Министерства образования и науки России от 1 августа 2013 г. № 637 «О проведении мониторинга эффективности образовательных организаций высшего образования» предпринята попытка оценки эффективности деятельности образовательных организаций, при этом выделены шесть направлений оценки эффективности: образовательная деятельность; научно-исследовательская деятельность; международная деятельность; финансово-экономическая деятельность; инфраструктура; трудоустройство [1]. Между тем, согласно законодательству, для признания эффективности вузу достаточно достичь пороговых значений для любых трех из шести показателей, даже если по остальным показателям эти значения не достигнуты, что фактически противоречит самому понятию эффективности.

Современной системе отечественного образования требуется созда-

ние необходимых условий для поддержки усилий образовательных организаций по улучшению качества образовательного процесса, совершенствования механизмов преподавания. Отчасти эта проблема решается за счет периодически обновляющихся образовательных стандартов, но для полноценного решения данной задачи необходимо, чтобы все вузы прилагали максимум усилий для грамотной организации учебного процесса, результатом которого станет выпуск квалифицированных специалистов – кадров для экономики.

Библиографический список

1. Шацкая И.В. Система профессионального образования как источник кадрового обеспечения модернизационных преобразований российской экономики: Монография. – М.: Издательство «Спутник +», 2014.
2. Совершенно секретно. – 2013. – №7.

УДК:378

ОБРАЗОВАНИЕ КАК ИСТОЧНИК СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РОССИИ

Мамедов Балахан Эльдар Оглы, ***МГТУ МИРЭА, Москва, Россия***

Вопрос о социальной функции государства актуализировался после принятия в 2008 г. Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации до 2020 г., которая, по сути, явилась политическим решением о переводе российской экономики с инерционного энерго-сырьевого на инновационный, социально-ориентированный путь развития.

В Концепции, провозглашающей идею всеобщей модернизации, говорится о ключевой роли человеческого потенциала в инновационном развитии, необходимости улучшения условий жизни людей и качества социальной среды, приоритетности развития социальных секторов экономики; отмечается важность преодоления социального расслоения; формирования условий для устойчивого роста заработной платы, повышения пенсий; обеспечения доступности услуг социально-культурной сферы для широких слоев населения. Кроме того, упоминаются другие цели, характерные для социально-ориентированной модели экономического развития [1].

Общественная модернизация и прогресс невозможны без соответствующего адекватного условиям и тенденциям экономического развития

человеческого капитала. Именно человеческий капитал, являясь интенсивным производительным фактором человеческого развития, создает важнейшую социальную ценность – знания, навыки, научные открытия, добросовестный труд, доверие членов общества друг другу и своему государству. Это – нематериальный актив Российской Федерации, который хранится в ее гражданах. Поэтому сегодня решение задачи модернизации не возможно без воспитания молодого поколения – основной движущей силы всестороннего развития нашей страны.

Потребность России в инновационных кадрах осознана на высшем государственном уровне. Уже сегодня перед государством стоят две задачи: готовить кадры для предприятий модернизируемой экономики и формировать кадровый состав, способный провести модернизацию.

Основная роль в этом кадровом резерве отводится современной российской молодежи – основной движущей силе будущих преобразований, важнейшему фактору экономической устойчивости и будущего процветания российского общества.

Молодежь играет особую роль в развитии любого государства. Во «Всемирной Программе действий, касающейся молодежи, до 2000 г. и на последующий период», утвержденной Генеральной Ассамблеей ООН в 1995 г., было подчеркнуто, что молодые люди «составляют основу человеческих ресурсов для развития и представляют собой ключевой фактор социально-экономических изменений и технологических инноваций в каждой стране» [2]. У государства, которое не учитывает потребностей молодежи, нет будущего, так как молодежь является частью его основного капитала. Молодые люди быстрее адаптируются к любым изменениям, так как они более энергичны, мобильны и менее консервативны. Эти качества молодежи особенно важны в период социально-экономических, модернизационных преобразований, которые сегодня происходят в России.

Мы живем в обществе, которым правят изменения. Техническая, экономическая и социальная эволюция меняют и мышление, и образ жизни людей. Глобализация рынков, научно-технические революции и технологические преобразования трансформируют современную экономику в «общество, основанное на знаниях», в котором доминируют новые способы организации работ, требующие создания новых компетенций, быстрого распространения высоких технологий, повышения производительности и качественно нового, более осмысленного подхода к ответственности. В этом обществе ключевая роль отводится образованию как главному механизму передачи информации, которая помогает обществу выживать и создает предпосылки для его устойчивого развития. Ввод в систему образованияновых методов обучения и преподавания является необходимым условием национально-культурного успеха, равно как и условием конку-

рентоспособности национальной экономики [1].

Именно национальная система образования несет основную ответственность за положение в стране, обусловленное, прежде всего, ее качеством. В то же время понятие «качественного образования» является сегодня сложным для определения, и уже не ограничивается одним лишь формированием способности генерировать новые компетенции. Особенно это актуально в условиях экономического кризиса или в пост-кризисный период, когда основные проблемы образования упираются в сокращение финансирования, что может привести как к падению качества образования, так и к снижению роли образования в обществе, основанном на знаниях. Само по себе общество, основанное на знаниях, как выражение глобализированного общества, пытается соединить потребности человеческой природы, постоянно растущие и все более разнообразные, со своим собственным восстановлением, придумывая пути развития неисчерпаемых ресурсов– человеческого интеллекта, новаторского духа, ассоциативного творчества и др.

Таким образом, образование играло и продолжает играть важнейшую роль в формировании человеческой индивидуальности на протяжении всей его жизни.

Библиографический список

1. Шацкая И.В., Архипов А.И. Профессиональные кадры для модернизации экономики: образовательный аспект: Монография. – М.: ИЭ РАН, 2012.

2. Всемирная программа действий, касающаяся молодежи, до 2000 г. и на последующий период. Резолюция 50/81 от 13 марта 1996 г. // Генеральная Ассамблея ООН – Пятидесятая сессия, Пункт 105 повестки дня.

УДК 378.147

МЕТОДОЛОГИЯ ПОДГОТОВКИ ТЕХНИЧЕСКИХ КАДРОВ

Шнайдер Г.Е., Иринархов А.С., Кучеренко И.В.,
МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Одной их характерных черт современного общества является высокая динамичность развития в научно-технической сфере. Это связано с постоянно растущими потребностями в наукоёмких изделиях, призванных помочь выполнению частных пользовательских задач, а также решению проблем государственного и мирового уровня. Ни для кого не секрет, что именно

научные разработки дают конкурентное преимущество одних государств над другими. Поэтому ведущие страны вкладывают большое количество ресурсов в принципиально новые научные технологии, способные обеспечить военное, экономическое и политическое превосходство, а в случае значительного «научного разрыва» и вовсе доминирование над другими странами. Для того чтобы занимать лидирующие позиции на мировой арене, необходимо увеличивать эффективность наукоёмких отраслей промышленности.

Несомненно, что для успешного их развития, нужны высококвалифицированные кадры. Очень важной является задача их эффективной подготовки.

Одним из первых вопросов является правильное построение структуры и содержания образовательного процесса. Сделать это эффективно возможно посредством прогнозирования потребностей рынка труда и исходя из национальных интересов. Это позволит избежать перенасыщения невостребованными специалистами и подготовить нужные кадры. Данная проблема продолжает набирать обороты в виде перепроизводства российскими вузами специалистов с высшим профессиональным образованием при возрастающем спросе на кадры среднего звена. Такое положение вещей неслучайно и связано со стремлением большинства граждан получить именно высшее профессиональное образование. Решением этой проблемы может служить сокращение бюджетных мест по невостребованным специальностям и перенаправление сэкономленных ресурсов в приоритетные направления. Ведь рынок вряд ли сможет самостоятельно отрегулировать количество нужных и не нужных специалистов, так как учебные заведения не всегда ориентируются на потребности рынка, а подготовка кадров происходит именно на уровне учебных заведений, а не внутри самого рынка. Однако он всё же может корректировать количество тех или иных специалистов путём увеличения или уменьшения на них спроса, а также с помощью реализации коммерческих программ по подготовке кадров.

Другой актуальной проблемой является то, что многие выпускники, обучавшиеся за счёт средств федерального бюджета, не идут работать по полученным специальностям. Это создаёт не только дефицит востребованных специалистов, но и снижает показатель эффективности расходуемых средств на образование. Комплекс мер, направленных на устранение этой проблемы, должен включать целевой набор абитуриентов, увеличение практики и улучшения её качества, а также помощь в трудоустройстве выпускников.

Что касается построения самого учебного процесса, то он должен быть выстроен на основе компромисса фундаментальных знаний и практических навыков и по принципу их согласованности. Хотя многие студенты и не понимают значения фундаментальных знаний и хотят быстрее получить конкретные практические навыки, нельзя сказать, что их позиция яв-

ляется совсем не правильной. Вероятно, что они просто ошиблись, что выбрали именно высшее учебное заведение, а не пошли по пути среднего профессионального образования. Однако это может происходить ещё и оттого, что многие учебные заведения делают огромный акцент на фундаментальные основы, пренебрегая их практическим применением. В результате этого, многие просто не понимают, зачем им дают этот материал и, как он будет применяться в профессиональной деятельности. На младших курсах это нормально: студент ещё просто не «созрел» для применения теоретических знаний в жизни. Здесь задача преподавателя – хотя бы попытаться объяснить, для чего этот материал пригодится в будущем. Конечно, иногда и сами преподаватели не успевают идти в ногу со временем и не полностью понимают, каким образом в данное время и по конкретному направлению используется этот материал, ведь изменения на прикладном уровне идут значительно быстрее, чем изменения фундаментальной науки. В таком случае студент может и не понять, чему его учат, и на старших курсах. Таким образом, данная проблема плавно перетекает в вопрос профессиональной переподготовки преподавательского состава. Процесс такой переподготовки желательно осуществлять отдельно от студентов, что касается методических рекомендаций по процессу обучения студентов, и вместе со студентами в сфере исследований и разработок, привлекая также специалистов с предприятий-партнёров. Такое совместное обучение и интересней, и продуктивней. Преподаватели получают представление об основных тенденциях в этой области, специалисты партнёрских предприятий могут оптимизировать технические решения, используя теоретический опыт преподавателей, студенты одновременно получают и теоретический, и практический опыт. Вместе с тем, студенты, в силу своей молодости могут быть в чём-то более оригинальны и креативны, чем их преподаватели. Ведь, оригинальность и креативность – преимущества молодости. Профессионализм – привилегия опыта. Поэтому, сочетая генератор идей в лице молодёжи, теоретический опыт преподавателей и практический опыт специалистов, работающих на производственных предприятиях, можно построить не только более интересный и эффективный процесс обучения, но также и создавать удачные наукоёмкие изделия.

Для того чтобы взаимопонимание студентов с преподавателями было на более высоком уровне, необходимо подводить уровень компетентности студентов к такому общению. Сделать это можно с помощью проведения научно-технических конференций, регулярного выпуска журналов внутри учебных заведений, отражающих последние тренды в науке, а также проведения дополнительных лекций, выходящих за рамки учебного плана и расширяющих знания и кругозор студентов.

Необходимым условием для того, чтобы вышеизложенные принципы

работали, является мотивация студентов. Ведь, если со стороны студента нет отдачи в виде его желания к обучению, то и у преподавателя это желание пропадает. Ко всему прочему, отсутствие стремления со стороны студента является непреодолимым барьером к получению знаний. Процесс обучения для такого студента сводится к формальному выполнению учебного плана и далеко не всегда на достойном уровне.

Итак, возникает ряд вопросов: как мотивировать студентов, вызывая стимул к обучению? Как найти методы, средства, процессы, которые вызовут желание у учащихся к познавательной деятельности? Ведь заставить учиться практически невозможно. Дейл Карнеги в своей книге «Как приобретать друзей и оказывать влияние на людей» утверждает: «Существует только один путь под небом убедить кого-либо что-либо сделать. Приходилось ли вам задумываться над этим? Да, один-единственный путь – это заставить другого захотеть сделать это» [2].

Мотивирование студентов преподавателем. Преподаватель должен убедить студента, что его предмет будет полезен в дальнейшей профессиональной деятельности. Ведь основной задачей студента является не просто получить знания, а стать специалистом в своей области.

Уважение и признание значимости студента. Независимо от способностей студента, он остаётся личностью, которая хочет к себе уважительного отношения. Д.Карнеги рекомендует: «Скажите ребёнку или подчинённому, что он тупица, что он не к чему не способен, что у него нет к этому дара, и что всё, что он делает, неправильно, и вы лишите его всякого стимула. Но поступите наоборот: не скупитесь на похвалы, изобразите дело таким образом, чтобы оно выглядело легко выполнимым, дайте человеку почувствовать, что вы вполне уверены в его способностях справиться с данным заданием, что у него особый, только не развитый дар к решению подобных задач, и он, чтобы добиться успеха, будет заниматься ночи напролёт» [2]. Поэтому следует одобрять успехи студента, публично демонстрировать его достижения. Это повысит самооценку у учащегося, и он будет добиваться этого результата вновь и вновь.

Создание доверия студента к преподавателю. Преподаватель должен быть авторитетом для студента. Студент должен чувствовать поддержку со стороны преподавателя даже в вопросах, не связанных с темой урока. Чем больше учащиеся доверяют преподавателю, тем больше они с ним сотрудничают в процессе обучения.

Больше свободы в процессе обучения. Учащиеся должны также принимать активное участие в процессе обучения. Нужно создавать ситуации, в которых студенты могли бы отстаивать своё мнение, принимать участие в дискуссиях. Как говорил Сократ: «В споре рождается истина». Под спором, конечно, следует понимать конструктивную дискуссию. Помимо этого,

нужно дать свободу студентам в нахождении способов решения поставленных задач. Конечно, не все они будут оптимальны, но это позволит развить креативность и оригинальность и устранить излишнюю привязку к определённым шаблонам. Ведь именно из-за этой привязки взрослые зачастую не могут решить задачи, решения к которым ребёнок находит элементарно. Это возникает из-за того, что те решения, которые мы находим, являются комбинацией или суперпозицией алгоритмов, которые нам закладывают с детства. Нельзя сказать, что это плохо. Это нормальная человеческая реакция, позволяющая найти быстрое решение и экономить силы мыслительной деятельности. Однако, для того, чтобы создавать какие-то новые научные разработки, нужны креативность и нестандартный тип мышления, базис которого не ограничивается «трафаретными» стереотипами.

Формирование положительного отношения к профессии. Педагогу следует одобрять и уважать выбор профессии студента. Более того, следует указывать на отличительные преимущества данной профессии и акцентировать внимание на важных профессиональных вопросах. Преподаватель должен понимать, что «все профессии нужны, все профессии важны».

Наряду с вышеперечисленными проблемами, крайне остро стоит проблема оттока научных кадров за рубеж. Приезжая на зарубежные конференции, учёные часто видят большое количество русских, которые уехали заграницу. Теперь они представляют научные интересы других стран. Этот процесс продолжается и по сей день и наносит колоссальный ущерб нашей стране. Поэтому нужен комплекс мер, направленных на то, чтобы удержать учёных в нашей стране и, может быть, вернуть уже уехавших. Вот основные методы, которые могут позволить это сделать:

Улучшение материального обеспечения учёных.

Перевод высшего образования на контрактную основу. Своего рода подписка о невыезде, подразумевающая обязательство отработать выпускником средства, затраченные на его образование.

Развитие программ воспитания патриотизма. Необходимы государственные программы, однако основное патриотическое воспитание должна взять на себя семья. Родители ребёнка должны понимать, что их будущее благосостояние зависит от того, останется их ребёнок на Родине или нет. Если их пенсия будет зависеть от зарплаты детей, и уезд за рубеж ребёнка будет больно бить по их карману, то это мотивирует родителей с детства закладывать в своих детей основы патриотизма.

Библиографический список

1. Кансюзян Л.В., Кочеткова Л.Н., Немцов А.А., Сологян А.А. Студенты о профессии, учебе и о себе (опыт социологического сравнительно-

сопоставительного исследования в ведущих технических вузах страны). // Этносоциум и межнациональная культура. 2014, №11(77), с. 29 – 45.

2. Карнеги Д. Девять способов, как изменить человека, не нанося ему обиды и не возбуждая негодования. // Как приобретать друзей и оказывать влияние на людей. 1938, с. 108.

3. Кочетков В.В., Кочеткова Л.Н. Этос креативности и статус инженера в постиндустриальном обществе: социально-философский анализ. // Вопросы философии. 2013, №7, с.3-13.

4. Кочеткова Л.Н. Аксиологические основания инженерного образования. //Социология образования, 2011, №12 с. 71-76.

5. Кочеткова Л.Н. Проблемы преподавания гуманитарных наук в техническом вузе (ценностное измерение инженерного образования). // Ценности и смыслы, 2011, №4 (13), с. 142-148.

6. Кочеткова Л.Н. Проблемы и перспективы преподавания гуманитарных наук в техническом университете. //Научный вестник МИРЭА, 2012, №1 (12), с. 31-38.

7. Кочеткова Л.Н. Новые направления подготовки современных инженерных кадров: от знаний к компетенциям. /Сборник научных трудов I-ой Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и перспективы развития радиотехнических и инфокоммуникационных систем» «Радиоинфоком – 2013». Часть 2: Москва, 2013, с. 178-181.

УДК: 378.147

АКТИВНЫЕ ФОРМЫ И МЕТОДЫ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЯЗЫКОВЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ У СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ВУЗА

Дидык Н.В., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

В современных условиях требуется не просто увеличить число образованных работников, а подготовить специалистов качественно нового уровня, обладающих фундаментальными знаниями, инновационным типом мышления и способных работать в команде.

Перед образовательным учреждением в связи с этим встает задача подготовки конкурентоспособного компетентного специалиста, обладающего необходимыми профессиональными компетенциями. Также необходимо отметить, что акцент в образовательном процессе смещается не на знания, которые студенты получают, а на развитие навыков и умений, компетенций, с помощью которых студенты смогут продемонстрировать

определенные модели взаимодействия с коллегами как будущие специалисты в конкретных ситуациях при решении поставленных задач. Современная обстановка на рынке труда требует от специалистов успешного владения определенными профессиональными компетенциями, такими как: умение грамотно излагать собственные мысли, развитие познавательных навыков, развитие умения ориентироваться в информационном пространстве, умение критически мыслить, умение работать в команде, умение разрешать конфликты и эффективно взаимодействовать с коллегами. Для этого необходимо создавать в образовательном процессе условия, ориентированные на максимальное развитие творческих способностей студентов и создание мотивации к саморазвитию, а также способствующие успешному формированию языковых компетенций, обладая которыми обучающиеся впоследствии смогут решить профессиональные задачи.

Языковые компетенции являются совокупностью языковых знаний, умений и навыков, позволяющих осуществлять иноязычную речевую деятельность в соответствии с языковыми нормами иностранного языка в различных сферах деятельности.

Для наиболее эффективного развития языковых компетенций применяют различные формы и методы современного обучения.

Рассмотрим формы обучения. Итак, форма обучения представляет собой процесс взаимодействия преподавателя и обучающихся, в результате которого происходит передача и усвоение знаний, умений и навыков. В практике обучения иностранному языку существуют подходы к определению форм обучения, которые основаны на степени осознанности восприятия учебного материала: пассивные, активные и интерактивные.

Пассивная форма обучения – это форма взаимодействия преподавателя и студентов, в которой преподаватель является основным действующим лицом, а учащиеся выступают в роли пассивных слушателей, подчиненных директивам преподавателя. Взаимодействие с учащимися в пассивных занятиях осуществляется посредством опросов, самостоятельных, контрольных работ и тестов. С точки зрения современных образовательных технологий и эффективности усвоения обучающимися учебного материала, пассивный метод считается самым неэффективным, но, несмотря на это, он имеет и некоторые плюсы. Это возможность преподнести сравнительно большее количество учебного материала в ограниченных временных рамках занятия. Надо сказать, что в некоторых случаях этот подход успешно работает, если учащиеся имеют четкие цели, направленные на основательное изучение предмета.

Следующей формой взаимодействия является активная форма обучения, при которой студенты являются не пассивными слушателями, а активными участниками занятия. Данная форма направлена, главным образом, не

на изложение преподавателем готовых знаний, их запоминание и воспроизведение, а на самостоятельное овладение учащимися знаниями и умениями в процессе активной мыслительной и практической деятельности. Если в пассивной форме обучения основным действующим лицом является преподаватель, то в активной форме преподаватель и учащиеся находятся на равных правах. Если пассивное взаимодействие предполагает авторитарный стиль, то активное больше предполагает демократический стиль.

Наиболее современной формой активного взаимодействия между преподавателем и студентами является интерактивная форма обучения. Эта форма ориентирована на более широкое взаимодействие учащихся не только с преподавателем, но и друг с другом и на доминирование активности учащихся в процессе обучения. Роль преподавателя здесь сводится к направлению деятельности студентов на достижение целей занятия. Основными составляющими интерактивных занятий являются интерактивные упражнения и задания, которые выполняются обучающимися. При интерактивной форме обучения учащиеся не только закрепляют уже изученный материал, но и изучают новый.

После рассмотрения форм обучения перейдем к методам активного обучения. Методы активного обучения представляют собой совокупность педагогических действий, направленных на организацию процесса обучения и создание условий, мотивирующих обучающихся к самостоятельному, инициативному и творческому освоению учебного материала в процессе познавательной деятельности. Появление методов активного обучения связано со стремлением преподавателей создать условия для развития творческих способностей студентов и мотивации к саморазвитию. В образовательном процессе проявляются следующие виды активности: мышление, действие, речь и эмоционально-личностное восприятие информации. В зависимости от типа используемых методов активного обучения на занятии может реализовываться либо один из видов, либо их сочетание. Также известно что, при лекционной подаче материала усваивается не более 20–30% информации, при самостоятельной работе с литературой — до 50%, при проговаривании — до 70%, а при личном участии в изучаемой деятельности (например, в деловой игре) — до 90%.

При активных методах обучения широко применяются учебные ролевые игры, когда создаются учебные ситуации, преподаватель дает ключевые слова, студенты с данными словами составляют диалоги. Данные диалоги обучающиеся представляют по ролям, проговаривая информацию и новые слова и выражения. Например, ситуация выбора и покупки ноутбука в магазине. Один из студентов выступает в роли продавца или консультанта, а второй — в роли покупателя. В данной ситуации могут участвовать от двух до четырех человек. Здесь присутствует эмоционально-

личностный компонент, что обеспечивает наиболее полное восприятие и успешное усвоение информации. При активном обучении в процессе учебной ролевой игры студенты развивают свой творческий потенциал при решении ситуационной задачи, распределяют роли и взаимодействуют в игровой обстановке. Происходит погружение в игровую среду, что обеспечивает успешность игрового действия и обеспечивает наиболее полное усвоение информации и взаимообучение, а также повышение навыков анализирования, обобщения информации и творческого подхода к использованию знаний и опыта. Повышается мотивация студентов, обусловленная профессиональным интересом, творческим характером учебно-познавательной деятельности, эмоциональным воздействием, побуждающим обучающихся к совершению познавательной деятельности.

Следующий метод — метод создания лексико-контекстной ситуации — позволяет студентам проявить творческий потенциал: индивидуально работая с информацией, студенты переводят термины и составляют с ними лексическую ситуацию, представляющую собой отражение современной обстановки и актуальных тенденций в области компьютерных и информационных технологий. Данный метод может эффективно сочетаться с методом подборки дефиниций (определений) к словам. Обучающимся предоставляется набор новых слов, которые необходимо соотнести с имеющимися определениями. Этот метод позволяет осуществлять работу в группах, что обеспечивает интерактивное взаимодействие в процессе учебного занятия.

Разработка и внедрение ситуаций, связанных с профессиональным общением как в письменном, так и в устном варианте, поможет студентам включиться в процесс иноязычной профессиональной адаптации и подготовить их к реалиям будущей профессиональной деятельности. Данные задания будут способствовать формированию технического тезауруса и овладению терминологией профессиональной отрасли.

Также следует отметить, что для наиболее полного усвоения студентами учебного материала необходимо больше внимания уделять профессионально-ориентированной подготовке будущих специалистов и внедрять в образовательный процесс комплексные учебные дисциплины, сочетающие техническую профессиональную направленность и лингвистическую подготовку на иностранном языке. Так, например, на занятиях по информационным технологиям при работе с компьютером студентам необходимо слышать и запоминать, как называются устройства и детали компьютера на английском языке, имея возможность наглядно проследить, как они функционируют технически, а не просто изучать термины, опираясь на изображения в учебнике, то есть привнести практическую направленность в освоение материала.

Также необходимо проводить контроль усваиваемого материала в форме опросов и тестов для определения динамики познавательной дея-

тельности. Итоговый контроль необходим для выявления наличия сформированности у студентов иноязычной коммуникативной компетентности, под которой понимается определенный уровень владения языковыми, речевыми и социокультурными компетенциями, навыками и умениями, позволяющими коммуникативно приемлемо и целесообразно варьировать свое речевое поведение в зависимости от ситуации иноязычного общения, и создающими основу для информационной и творческой деятельности в различных сферах и ситуациях профессиональной деятельности.

В современном образовании представляется актуальным не только использование активных методов обучения, но и создание технологий лингвистической подготовки, предоставляющих технологическое обеспечение посредством создания системы тренингов или разработки аудиовизуального курса, позволяющего произвести наиболее полное погружение в аудио среду.

Таким образом, применение активных форм и методов обучения способствует формированию у студентов необходимых и существенно важных языковых компетенций, создает особую атмосферу плодотворного и результативного педагогического взаимодействия преподавателя со студентами, максимально раскрывает творческий потенциал обучающихся.

Библиографический список

1. Вербицкий А.А. Активное обучение в высшей школе: контекстный подход. – М.: Высшая школа, 1991. – 207 с.

2. Кругликов В.Н. Активное обучение в техническом вузе: теория, технология, практика. – СПб.: ВИТУ, 1998. – 308 с.

3. Панина Т.С., Вавилова Л.Н. Современные способы активизации обучения. – 4-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 176 с.

УДК: 378.147

СОПОСТАВИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЯЗЫКОВ ПРИ ОБУЧЕНИИ ИНОСТРАННЫМ ЯЗЫКАМ РУССКОГОВОРЯЩИХ СТУДЕНТОВ

Асадуллина Э.Ф., Манджиев А.А., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

В методической литературе распространена позиция, согласно которой обращение к родному языку при обучении иностранному языку является неверным, поскольку это порождает речевые ошибки, связанные с интерференцией, мешает развитию лингвистической интуиции и формирова-

нию навыков автоматизированного речепроизводства (см., например, [1,2,3]). Однако на начальных этапах обучения практически невозможно обойтись без языка-посредника[1]. Причем переводу и объяснению подвергается не только лексика изучаемого языка, но и его грамматика.

Изучение системы родного языка дает представление о системе языков в целом, о том, что в любом языке заложены фонетические, лексические и грамматические возможности для выражения самых разнообразных мыслей. При этом каждый язык способен своими средствами выразить весь спектр этих мыслей.

Мы согласны с мнением Е.Р. Переслегиной, отметившей, что «сопоставительный анализ языков <…> не вступает в противоречие со стремлением человеческой памяти к логическому запоминанию, позволяя систематизировать эквивалентные, частично совпадающие и специфические явления, и факты разных языков» [4].

В частности, при обучении иностранным языкам специалистов наукоемких отраслей данный подход соответствует естественной потребности специалистов в анализе, выявлении структуры и логики изучаемого предмета.

Структура изучения родного языка в школе направлена на исключение возможных ошибок при написании текстов. В соответствии с этой целью внимание в школьном курсе русского языка уделяется в основном орфографии и пунктуации. При этом у обучающихся не происходит формирования представления о языке как о системе. Изучение же иностранного языка в «академической» (традиционной) методике, прежде всего, наплавлено на освоение системы этого языка.

Известно, что люди, владеющие одним иностранным языком, легче осваивают другие иностранные языки. Это объясняется, наряду с прочим, и тем, что у таких обучающихся есть возможность сопоставлять системы разных языков, находить сходства и различия, которые помогают запомнить грамматику изучаемого языка.

На наш взгляд, знание системы родного языка значительно облегчило бы задачу изучения системы неродного языка.

Например, практически каждый студент, не знакомый близко с филологией, полагает, что в русском языке три времени, поэтому при изучении системы английских времен он испытывает определенные трудности. Однако, в действительности, русская глагольная система гораздо сложнее с формальной и семантической точек зрения. Отсутствие формального выражения большого количества значений глагола, а также непоследовательность в выражении форм совершенного вида (читать – прочитать, писать – написать, гулять – погулять) делают русский язык одним из самых слож-

[1] Данное утверждение не относится к обучению детей младшего возраста

ных для изучения языков.

В русском языке не три, а, как минимум пять формально выраженных времен (настоящее, прошедшее несовершенное, прошедшее совершенное, будущее несовершенное, будущее совершенное).

Традиционная школьная грамматика не объясняет аспектуальные характеристики русского глагола в сопоставлении с его временем. Между тем, виды глагола – это ни что иное, как разные способы описания характера действия в определенном времени.

Если же студенты присмотрятся к русским глаголам повнимательней, то они обнаружат, что один и тот же вид глагола может выражать различные значения и обозначать разный характер действий. К примеру, в предложении *Мужчина вчера работал* глагол *работать* выражает общефактическое значение. В данном конкретном случае нас не интересует продолжительность действия, его результат или другие действия, соотносимые с данным – нас интересует только наличие самого действия.

Осложним данное высказывание, добавив к нему подчиненное предложение: *Мужчина работал, когда произошел пожар*. Значение глагола *работать* несколько изменилось. Теперь говорящему становится важен не столько факт прогулки, сколько некое действие, на фоне которого происходит другое действие.

В прошлом году мужчина работал каждый день – говорящий делает акцент на повторяющемся действии в прошлом, и глагол *работать* выражает неограниченно-кратное значение.

*На протяжении двух часов мужчина работал в сад*у – значение повторяемости действия замещается значением его продолжительности. Актуализируется прогрессивное значение глагола.

Если мы поменяем вид глагола, то вновь получим новое значение:

Мужчина уже поработал – к настоящему моменту действие полностью завершилось.

Мужчина поработал немного и пошел домой – действие продолжалось недолго (ср.: почитал, походил).

Приведенные нами примеры не отражают всего разнообразия грамматических значений видов русского глагола, но даже они могут проиллюстрировать, насколько нетривиальна русская видовременная система.

Во многих индоевропейских языках (в том числе и в английском) некоторые из данных значений формально выражены, что в целом должно облегчить задачу изучения английского языка. Для этого студентам необходимо знать о существовании системы значений русского глагола и уметь сопоставить ее с системой глагола в английском языке.

К примеру, первое предложение соотносится с временем Past Simple в английском языке и переводится как *The man worked yesterday*. Значение

второго предложения реализуется в английском языке в форме времени Past Continuous – *The man was working, when the fire occurred*. Предложение *Мужчина уже поработал* соотносится с результатом в настоящем времени и переводится на английский при помощи Present Perfect Tense – *The man has already worked*.

Так же, как в русском языке английское настоящее время может служить для обозначения ситуаций в будущем: *Мужчина работает завтра – The man is working tomorrow*.

Кроме того, при сопоставительном анализе следует обращать внимание не только на общие черты систем разных языков, но и на их различия, чтобы избежать отрицательных последствий возможной языковой интерференции.

Таким образом, понимая систему родного языка, студенты будут лучше понимать устройство иностранного языка.

В методическом плане при выборе компонентов для сопоставления необходимо исходить из задачи преподавания того или иного грамматического явления иностранного языка. Так, сопоставлению могут подвергаться те компоненты глагольной системы русского языка, передающие смыслы, которые студент должен усвоить при изучении системы времен английского глагола.

Сопоставительный анализ языков имеет также очевидное общеобразовательное и культурное значение, как с точки зрения понимания логики человеческого мышления, выражаемого языковыми средствами, так и восприятия языка как инструмента для такого выражения.

Данный подход предполагается реализовать путем введения курса изучения системы русского языка, специально ориентированного на сопоставительный анализ родного и иностранного языков. По-видимому, такой курс должен преподаваться во взаимосвязи с соответствующими темами в курсе иностранного языка.

Библиографический список

1. Данчинова М.Ю. Значение интерференции в изучении иностранного языка. – Электронное периодическое издание «Наукоград».
http://nauka-it.ru/attachments/article/1331/danchinova_mju_mangazhinova_m_konf13.pdf
(дата обращения – 10.03.2015).

2. Казимирова И.С. Типичные ошибки в речи обучающихся при изучении нескольких иностранных языков.
https://www.google.ru/webhp?client=opera&sourceid=opera#
(дата обращения – 10.03.2015).

3. Новикова М. Роль и место грамматики в процессе обучения рус-

скому языку как иностранному. - ESF projekts „Profesionālajā izglītībā iesaistīto vispārizglītojošo mācību priekšmetu pedagogu kompetences paaugstināšana”.
http://profizgl.lu.lv/pluginfile.php/34984/mod_resource/content/0/M_rol_grammatiki.pdf
(дата обращения – 10.03.2015)

4. Переслегина Е.Р. Применение сопоставительного анализа при обучении языку студентов-иностранцев.
http://www.superinf.ru/view_helpstud.php?id=4247
(дата обращения – 10.03.2015).

УДК: 378.147

ПРОЕКТНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ КАК СТИМУЛ МОТИВАЦИИ УЧЕНИЯ

Рыбакова Е.Е., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

В современном педагогическом процессе все так же остро стоит проблема мотивации обучаемых той или иной дисциплине, в особенности, если речь идет о непрофильной дисциплине, однако же, не менее важной для получения компетентного специалиста на выходе. В частности, это касается изучения иностранного языка в неязыковом вузе.

И.П. Подласый определяет мотивацию (от лат. moveo — двигаю) как общее название для процессов, методов, средств побуждения учащихся к продуктивной познавательной деятельности, активному освоению содержания образования [4]. Данное определение представляется исчерпывающим. Имея в виду учителей, следует говорить о мотивации обучения, с позиций обучаемого следует вести речь о мотивации учения.

В роли мотивов выступают во взаимосвязи потребности и интересы, стремления и эмоции, установки и идеалы. Поэтому мотивы — очень сложные образования, представляющие собой динамические системы, в которых осуществляются анализ и оценка альтернатив, выбор и принятие решений. Мотивы всегда представляют собой комплексы, и в педагогическом процессе почти никогда не имеют дело с одним действующим мотивом [2].

Как известно, таким аспектом педагогического инструментария, как мотивация, занимаются уже много лет. Соответственно, представляется возможным привести некую классификацию видов мотивации.

По направленности и содержанию мотивы объединяются в следующие группы: социальные (социально-ценностные), познавательные, профессионально-ценностные, эстетические, коммуникационные, статусно-

позиционные, традиционно-исторические, утилитарно-практические (меркантильные) [4].

Также известно, что в разные периоды развития общества превалируют те или иные группы мотивов учения и что группы мотивов находятся в динамической связи между собой, сочетаясь в зависимости от возникающих условий. Отсюда возникает движущая сила учения, характер и направленность которой определяются суммарным действием мотивов.

Мотивы учения также подразделяют на мотивы внешние и внутренние [2]. Первые исходят от педагогов, родителей, группы и общества в целом и приобретают форму подсказок, намеков, требований, указаний. Они, как правило, действуют, но их действие нередко встречает внутреннее сопротивление личности, а потому не могут считаться приоритетными. Предпочтительно, чтобы сам обучаемый захотел что-то сделать и сделал это. Вот почему решающее значение придается мотивам учения — внутренним побудительным силам.

Когда для обучаемого деятельность значима сама по себе, например, удовлетворение познавательной потребности в процессе учения, то речь идет о внутренней мотивации. Если же толчком к деятельности обучаемого являются социальные факторы, например, престиж, зарплата и другое, то это уже внешняя мотивация. Кроме того, сами внешние мотивы могут быть как положительными (мотивы успеха, достижения), так и отрицательными (мотивы избегания, защиты).

На данный момент, когда в системе образования постоянно происходят изменения и обществу нужны люди, способные принимать нестандартные решения, умеющие творчески мыслить, слабым местом обучающихся оказывается умение интегрировать знания, а также применять их для получения новых знаний. При этом мы сталкиваемся с проблемой мотивации учения – слабой или вообще отсутствующей мотивацией учения. К примеру, студенты, будучи на первом курсе неязыкового вуза, не осознают необходимости изучения иностранного языка для дальнейшего его использования как инструментария, то есть, у них отсутствуют мотивация как внутренняя, так и внешняя положительная, и уж тем более мотивации профессионально-ценностные и утилитарно-практические.

Статистика анализа ведущего мотива в нескольких группах из 10 - 12 человек показала, что у большинства (99%) мотив превалирует внешний отрицательный. А у оставшегося 1% (1-2 человека) движущей мотивацией является комбинация внутренней и внешней положительной мотиваций.

Проблема также заключается в правильном подборе того или иного вида мотивации учения, а также соответствующего комплекса заданий. Проект как деятельность и комплекс заданий, включающий в себя практически все виды деятельности, представляется адекватным для попытки решения проблемы

мотивации учения. При этом данный вид задания теоретически способен повлиять как на мотивацию учения как внешнего, так и внутреннего типа.

Проект – это деятельность по достижению нового результата в рамках установленного времени с учетом определенных ресурсов. Описание конкретной ситуации, которая должна быть улучшена, и конкретных методов по ее улучшению.

Метод проектов – это совместная креативная и продуктивная деятельность преподавателя и обучающихся, направленная на поиск решения возникшей проблемы.

Е.С. Полат определяет метод проектов как «определенным образом организованную поисковую, исследовательскую деятельность учащихся, индивидуальную или групповую, которая предусматривает не просто достижение того или иного результата, оформленного в виде конкретного практического выхода, но организацию процесса достижения этого результата» [3].

Метод проектов опирается на собственный путь преодоления затруднений и исканий ученика: в процессе учебной деятельности школьники самостоятельно планируют и решают конкретные практические задачи.

Таким образом, применение метода проектов связано с большими преимуществами:

- Метод проектов способствует успешной социализации учащихся благодаря адекватной информационной среде, в которой учащиеся пытаются самостоятельно ориентироваться, что приводит к формированию личности, обладающей информационной культурой в целом.

- На всех этапах выполнения проекта есть возможность внедрить системно - деятельностный подход к обучению, что приводит к развитию творческих способностей учащихся.

- Выбирая проблему исследования и решая конкретные задачи, учащиеся исходят из своих интересов и степени подготовленности. Это обеспечивает каждому собственную траекторию обучения и самообучения, позволяет дифференцировать и индивидуализировать образовательный процесс.

- Работа в группе формирует личность, способную осуществлять коллективное целеполагание и планирование, распределять задачи и роли между участниками группы, действовать в роли лидера и исполнителя, координировать свои действия с действиями других участников проекта, коллективно подводить итоги, разделяя ответственность.

В заключение следует отметить, что нет универсального «ключика» - нужно варьировать «инструмент», исходя из особенностей каждой группы обучаемых. Однако подтвердилось предположение, что внешняя мотивация, в большинстве случаев, работает лучше, чем мотивация внутренняя (внешние положительные мотивы влияют эффективно на успеваемость учебной деятельности), а проект как вид деятельности представляется

наиболее оптимальным для решения проблемы усиления мотивации учащихся и формирования их компетентности. Как минимум, «проектный формат» может убрать отрицательный аспект внешней мотивации.

Библиографический список

1.Артюгина Т.Ю. Современные образовательные технологии: изучаем и применяем: учеб. – метод. пособие / авт. Т.Ю. Артюгина. – Архангельск: АО ИППК РО, 2009. – 58 с.

2.Мотивация учебной и педагогической деятельности. http://www.rae.ru/monographs/77-2804 - [Электронный ресурс] (Дата обращения – 14.03. 2015).

3.Новые педагогические и информационные технологии в системе образования: учеб. пособие для студентов вузов и системы повышения квалификации педагогических кадров / под ред. Е.С. Полат. – М: Издательский Центр «Академия», 2001. – с. 66.

4.Подласый И.П. Педагогика: 100 вопросов - 100 ответов: учеб. пособие для вузов/ И. П. Подласый. - М.: ВЛАДОС-пресс, 2004. - 365 с. – с. 184.

УДК: 378.147

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ АУТЕНТИЧНЫХ ХУДОЖЕСТВЕННЫХ И НЕХУДОЖЕСТВЕННЫХ ТЕКСТОВ ДЛЯ СТАНОВЛЕНИЯ И ФОРМИРОВАНИЯ СОЦИОКУЛЬТУРНОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ

Курсевич Д.В., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

В последнее время в современной педагогике остро встаёт вопрос о том, что необходимо не только вооружать студента знаниями, а учить его разрешать различные жизненные проблемы, в том числе коммуникационного характера между представителями различных культур.

Происходящая гуманизация образования (ориентация процесса обучения на развитие и саморазвитие личности, на оптимизацию взаимодействия личности и социума) реализуется в представлении в ней культуры – индивидуально (личностно) освоенных духовных ценностей. «Культура через язык и язык через культуру» (Е.И. Пассов) подразумевает усвоение явлений культуры в процессе использования языка как средства общения и изучение языка как средства общения при постижении фактов культуры [1].

Культура предстает, в том числе, и в виде разнообразных текстов. Текст является «механизмом, который управляет процессом понимания» (А.А. Блудный), смыслопорождающим устройством, обладающим историей и многократно реинтерпретирующимся в процессе развития человеческой культуры. Текст состоит из сочетаний знаков, выражающих адресованное, компактное, смыслозначимое, доступное для понимания содержание, имеющее начало и конец. Текст выполняет информативную, креативную функции и функцию памяти (Ю.М. Лотман). К текстам культуры относится как и художественный текст иноязычной литературы, так и газетный текст. Художественный и газетный тексты становятся культурным текстом при условии выявления и осмысления учащимися и преподавателем в нём образовательных возможностей.

Обучение чтению иноязычных текстов как рецептивному виду речевой деятельности требует от обучающегося владения его психологическими механизмами. Необходимо учитывать следующие психологические особенности чтения как вида речевой деятельности:

1) *мотивированность* – сложное взаимодействие различных потребностей читателя (коммуникативных, познавательных, эстетических, нравственных и др.), мотивов чтения – внутреннего побуждения читающего в форме представления о качествах читаемого, стимулов (стимуляторов) – внешних побудителей к деятельности, интересов и цели – результата. Постановка речевой задачи стимулирует чтение в потребностно-мотивационном аспекте и определяет его процесс;

2) *целенаправленность* – ориентированность на результаты деятельности. Так как чтение – это рецептивный, а не продуктивный вид речевой деятельности, то оно направлено на самого читателя, на удовлетворение его потребностей, желаний и интересов. Целенаправленность чтения как деятельности и продукта определена решением коммуникативных задач;

3) *связь с мышлением* проявляется в том, что без мышления невозможно усвоение и анализ читаемого, постижение его смысла, осознание цели, которую преследует автор. Следовательно, мышление обеспечивает понимание читаемого на всех уровнях и обусловливает отношение читателя к прочитанному;

4) *связь с другими видами человеческой деятельности*. Чтение как один из видов речевой деятельности связано с говорением, аудированием и письмом. Кроме того, оно связано с деятельностью человека во всех её аспектах – познавательной, преобразовательной, ценностно-ориентированной и общением (М.С. Каган).

Автор данной статьи полагается на чтение художественных и нехудожественных текстов на английском языке как на одно из средств становления и формирования социокультурной компетентности. Среди прочих

языковых явлений наибольший интерес, по мнению автора, представляют лексико-культурные различия, свойственные британскому и американскому вариантам английского языка.

В данной связи уместным будет приведение нескольких цитат известных литературных деятелей, отражающих специфику рассматриваемой проблематики:

- «У нас, англичан, с американцами теперь и вправду всё общее, кроме, разумеется, языка», - Оскар Уайльд.
- «Соединённые Штаты и Великобритания – это две страны, разделённые общим языком», - Джордж Бернард Шоу (приписывается). Существует и другой вариант высказывания: «Англичане и американцы – это две нации, разделённые общим языком».

С целью обучения студентов некоторым нюансам очерченных отличительных черт приводится отрывок из мемуаров «'Tis» американского писателя и педагога ирландского происхождения Фрэнка Маккорта[2]:

«In America, a torch is called a flashlight. A biscuit is called a cookie, a bun is a roll, confectionery is pastry and minced meat is ground. Men wear pants instead of trousers... The lift is an elevator and if you want a WC or a lavatory you have to say bathroom even if there isn't a sign of a bath there. And no one dies in America, they pass away or they're deceased and when they die the body, which is called the remains, is taken to a funeral home where people just stand around and look at it and no one sings or tells a story or takes a drink and then it's taken away in a casket to be interred. They don't like saying coffin and they don't like saying buried. They never say graveyard. Cemetery sounds nicer».

Приведённый текст изобилует примерами лексических единиц, поразному употребляемыми англоговорящими носителями языка по обе стороны океана. Поскольку предполагается, что обучающимся уже априори знакомы многие из британских аналогов, предлагается следующее задание на сопоставление отдельных слов.

1. a bathroom/ rest room	1. a graveyard
2. a casket	2. trousers
3. a cookie	3. a biscuit
4. to pass away/to be deceased	4. a lift
5. a flashlight	5. a toilet/lavatory (WC)
6. to inter	6. a bun
7. pants	7. to die
8. a cemetery	8. a coffin
9. ground meat	9. a torch
10. a roll	10. to bury
11. an elevator	11. minced meat

Следующим этапом по закреплению и отработке нового материала может стать упражнение, направленную на практику перевода американизмов на британский вариант английского языка.

1. Pass me the *cookies*.
2. He was *interred* at the central *cemetery*.
3. I spent awhile looking for the right *pants*.
4. After the disease progressed, my pet *passed away* quickly.
5. We've sold out all *rolls*, sorry!
6. To make matters worse, you got stuck in the *elevator*.
7. I'm afraid mom hasn't made enough *ground meat*.
8. They last saw her in a richly decorated *casket*.
9. The lights went out! Grab the *flashlight*, quick!
10. The *bathroom*'s flooded again!

Примером использования нехудожественной лексики (в данном случае газетная статья) для достижения поставленной цели могут послужить следующие фрагменты и приведённые ниже задания:

«I didn't know whether being *pear-shaped* was good or bad, what a *damp squib* was or if being *knackered* was faintly improper. But being an outsider meant that I could ask questions which nobody else dared raise» [3].

«In the US you can *grow a beard or a tomato* but not a company, and *slating* a meeting means that you schedule. Thus a headline «Third Harry Potter film *slated*» can mean good on one side of the Atlantic and bad on the other»[3].

«An American author was distressed when his British publisher told him on the telephone that his latest book was a *bomb*» [4].

«If you're asked whether you want hot milk in your coffee, «*I don't care*» in New York is the same as «*I don't mind*» in London, but reverse the response and…» [3]

Употребление слов и словосочетаний, выделенных курсивом, ограниченно по территориальному признаку (использование преимущественно в Соединённом Королевстве или Соединённых Штатах) или характерно для совершенно разных контекстов. Предлагается составить из них список и найти аналог в том или другом варианте, а при его отсутствии, подобрать подробное объяснение.

В качестве дополнительного упражнения, ориентированного на обучение языковым культурным различиям, выступает таблица, сопоставляющая «английскую недосказанность» и «американский реализм». В ней необходимо заполнить пробелы, пытаясь представить, как британец или американец сформулировал бы данную идею.

English understatement	**American realism**
	This meat is as tough as old boots!
Our hotel room was not exactly the Ritz	
	It was the dullest speech I ever heard.
The situation's pretty sticky.	

При учитывании всех психологических особенностей чтения как речевого вида деятельности, а также грамотном дидактическом обеспечении, сам процесс чтения теряет свой рутинный характер, становясь механизмом формирования необходимых лингвистических компетенций.

В качестве заключительной рекомендации стоит отметить необходимость привлечения рассмотренных в статье аутентичных источников в лингвообразовательный процесс для создания более естественной языковой среды в учебной аудитории и ускоренного и более качественного формирования социокультурной компетентности.

Библиографический список

1. Цели обучения иностранным языкам: учебное пособие / метод. школа Пассова; под ред. Е.И. Пассов. – Воронеж: Интерлингва, 2002. – 40 с.

2. Frank McCourt. 'Tis: A Memoir. Simon and Schuster, Sep 22, 1999. 368 pages.

3. Two nations divided by a common language. 08 Sep 2005. Новостной онлайн портал The Telegraph. http://www.telegraph.co.uk.

4. Speak Out. Журнал для изучающих английский язык. 5-6 (87-88), 2011.

5. О.В. Володина. Условия и особенности восприятия и понимания иноязычной литературы. Статья. Вестник КемГУ, 2013, №3 (55), Т. 1, сс. 169-172.

УДК: 378.147

ОБ ИННОВАЦИОННОМ ПОДХОДЕ К ОБУЧЕНИЮ РУССКОМУ ЯЗЫКУ КАК ИНОСТРАННОМУ

Асадуллина Э.Ф., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

В век глобализации особенно важным представляется сохранение национальной культуры и национального языка. Активные политические

процессы постепенно приводят к все более интенсивному развитию языка межнационального общения, вместе с чем в обществе пропадает интерес к изучению отдельных национальных языков.

Язык – это не только средство общения, но и кладезь культуры отдельного народа. Поэтому преподавание русского языка как иностранного способствует в значительной мере распространению русской культуры. Однако отличаясь определенным консерватизмом, он вместе с тем очень быстро реагирует на все изменения, происходящие в обществе. В связи с этим усложняется задача преподавателя иностранного языка, вынужденного подстраиваться под новые реалии.

Популярность русского языка в мире напрямую связана с политикой и экономикой России, а также с качеством образования в стране, которое находится на достаточно высоком уровне. В связи с последним следует отметить, что основным направлением в развитии методики преподавания русского языка как иностранного должна стать методика преподавания русского языка специальности.

Основная проблема здесь заключается в том, что большая часть преподавателей русского языка как иностранного – филологи, квалификация которых очень часто не соприкасается с техническими и экономическими специальностями, являющимися наиболее популярными среди иностранной аудитории. В данной ситуации неизбежно возникают случаи, когда преподаватель испытывает некоторые трудности при объяснении студентам тех или иных понятий физики, химии, математики, экономики и т.п., встречающиеся в учебных пособиях, направленных на изучение русского языка специальности.

Кроме того, возрастают требования к учебной литературе, которая должна максимально точно отражать процессы, происходящие в научной области. В условиях быстрого развития науки (особенно в сфере информационных технологий) необходимо постоянное обновление фактической информации учебников. Таким образом, учебное пособие, изданное пять лет назад, не может быть переиздано без существенных изменений, поскольку велика вероятность того, что большая часть текстов данного пособия будет устаревшей и не отвечающей требованиям актуальности.

В связи с вышесказанным можно говорить о требовании инновационного подхода к преподаванию русского языка как иностранного.

В настоящее время термин «инновация» в образовании связывается в основном с компьютеризацией процесса обучения использованием Интернет-ресурсов в образовательной деятельности [1,2].

Под инновационным подходом мы понимаем не столько обновление средств обучения (компьютеризацию образовательного процесса), сколько обновление материала обучения.

Суть данного подхода заключается в формировании профессиональной компетенции учащихся посредством неродного языка. Реализация инновационного подхода включает в себя два основных аспекта: 1) необходимо проведение постоянного обновления учебных материалов (в частности, текстов, на основе которых осуществляется изучение русского языка специальности), 2) обучение должно быть направлено на поисковый характер деятельности студентов, что предполагает активную роль учащихся в образовательном процессе, их заинтересованность и умение самостоятельно находить информацию по своей специальности на русском языке. Второе требование исходит из того обстоятельства, что преподаватель-филолог не может охватить все области знания, требующиеся для студентов технических и экономических специальностей.

Инновационный подход также предполагает стимулирование деятельности учащихся в направлении создания собственных научных работ на иностранном языке.

Обучение русскому языку специальности должно проводиться на продвинутом этапе обучения на базе аутентичных научных и научно-популярных текстов по актуальным для данной специальности темам. Задания в процессе обучения должны быть направлены не только на пассивное восприятие и понимание информации, но также и на генерацию собственных идей, попытку решить существующие в науке проблемные вопросы. Обсуждение проблем и поиск их возможных решений могут производиться посредством дискуссий, что способствует развитию коммуникативной компетенции.

Коммуникативная компетенция в логике изучения русского языка специальности реализуется в выполнении учащимися различного рода заданий, направленных на возможность дальнейшего использования языка в сфере профессиональных коммуникаций. Одним из таких заданий является участие студентов в различных конференциях и круглых столах. При этом преподаватель может самостоятельно организовывать такие мероприятия (возможно, с привлечением русскоговорящих студентов) или подталкивать учащихся к взаимодействию с научной средой через научные конференции, проводимые внутри вуза или за его пределами.

Библиографический список

1. Максаев А.А. Инновационные технологии в обучении иностранному языку. – http://festival.1september.ru/articles/566297/ (дата обращения – 10.03.2015).

2. Богословцева М.С. Некоторые инновационные подходы и методы преподавания делового иностранного языка. – http://www.pglu.ru/lib/publications/University_Reading/2012/VII/uch_2012_VI

I_00032.pdf (дата обращения – 10.03.2015).

3. Гузиекова С.М., Хачак С.К. Инновационные подходы в методике преподавания иностранных языков. // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 3: Педагогика и психология. Выпуск № 2 (117). – Республика Адыгея: Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Адыгейский государственный университет», 2013.

УДК: 378.147

ЛЕКСИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ВЫРАЖЕНИЯ ОБРАЗА РОССИИ В НЕМЕЦКИХ АКАДЕМИЧЕСКИХ КРУГАХ В НАЧАЛЕ XX ВЕКА

Фролов Ю.В., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Введение

Несмотря на то, что контакты между Россией и Германией к началу XX века имели уже многовековую историю, в немецком обществе ощущалась потребность в объективной, исчерпывающей информации о «восточной соседке». Её могли предложить профессора и преподаватели университетов, профессионально занимавшиеся изучением России. Поэтому их сведения, наряду с уже имевшимися в обществе знаниями, во многом влияли на формирование образа России в немецких политических и общественных кругах. В моей работе я изучу, с помощью каких лексических средств выражался образ России в немецких академических кругах, а также постараюсь объяснить истоки тех или иных представлений.

Поскольку «Россия» – понятие довольно абстрактное, представления о ней были разделены на два уровня. Первый уровень – национально-государственный – это обобщённый образ страны (России) и её населения (русских). На втором уровне – общественно-политических институтов – я изучал картину отдельных составляющих Российской империи: главы страны, государственного аппарата, системы образования и церкви.

В моей работе были привлечены источники несколько типов. Прежде всего, это статьи и очерки немецких профессоров, которые публиковались самостоятельно, либо в журналах немецких университетских объединений. Для создания большей полноты картины мною также были использованы материалы печатных органов русских студентов, учившихся в высшей школе Германии в начале прошлого столетия [1,2,3].

Методологическую основу данного исследования составляют подхо-

ды, применяющиеся в лингвистике и имагологии. В имагологии построение образа некоего объекта (образ «Другого») основывается на сравнении его субъектом познания с самим собой (образ «Себя»). Поэтому если обозначить Россию в качестве «Другого», то её образ можно получить, изучив результаты сравнения её с Германией в немецких академических кругах.

Научная новизна проведённого исследования заключается, во-первых, в выборе его предмета. В работах по истории, равно как и по лингвистике, вопрос в такой формулировке ещё не ставился. Во-вторых, в сочетании методов из нескольких дисциплин. Наконец, в-третьих, в привлечении широкого круга источников разного происхождения.

Раздел 1: национально-государственный уровень

Понятия «Россия» и «русские» как обобщённые обозначения российского государства и его населения формировались на основе нескольких соображений.

Прежде всего, внимание на себя обращали особенности географического положения России. Многие авторы отмечали размеры страны и её протяжённость эпитетами «гигантская империя» (Riesenreich) или «мировая империя» (Weltreich) [4,8,16]. Ввиду преобладания сельского хозяйства в структуре экономики Россия часто называлась «аграрной» или «крестьянской» страной (Bauernland). Оценка уровня развития страны объяснялась как объективными (экономико-географическое положение), так и субъективными факторами. Здесь фигурировали две причины. Первая – особенности населения страны: низкая грамотность, отсутствие тяги к познанию, инертность (Trägheit). Вторая – принятие Россией христианства от православной Византии, а не от католического Рима. Последовавшая за этим череда трагических событий (татаро-монгольское иго, крушение Византийской империи) использовалась как доказательство неправильности этого цивилизационного выбора и объяснение наличия у России многих черт «восточной деспотии» (orientalische Despotie) [16]. Из географического положения России на границе Европы и Азии происходило представление о её «полуазиатской», «полуцивилизованной» природе (halbasiatisches, halbzivilisiertes Wesen) [4,8]. Из положения на севере Евразии проистекало, например, известное сравнение России с «русским медведем» (russischer Bär) [8]. При этом стоит сказать, что медведь никогда не был геральдическим символом страны, и само это представление восходит к XVI веку.

Образ русских в целом складывался на основе той же логики, что и образ России. Природно-климатические условия определили такие черты народного характера, как терпение (Geduld), неприхотливость (Bescheidenheit). Внутренняя и внешняя неуклюжесть (Schwerfälligkeit) соединялась с

храбростью (Tapferheit), гостеприимством (Gastlichkeit) и добродушием (Gutmütigkeit) [6,9]. Влияние татаро-монгольского нашествия и Византии выразилось в покорности (Unterwürdigkeit) и лукавстве (Schlauheit) [8,16]. Отметим, что понятие «византийского лукавства» прочно вошло в лексикон и периодически употреблялось в отношении русских правителей. Так, «лукавым византийцем» назвал Александра I Наполеон Бонапарт; спустя почти век таким эпитетом «наградил» Николая II отправленный в отставку С.Ю. Витте.

Национальная политика российских властей оценивалась на основе положения народа в иерархии, выстроенной по принципу уровня культурного развития. На нижней её ступени находилось большинство народностей России, и по отношению к ним русским предписывалось выполнение «цивилизаторской миссии». Второй, самый широкий слой, образовывали русские. Наконец, на вершине иерархии располагались три «народа высокой культуры – балтийские немцы, финны и поляки. Поэтому в их отношении любые действия центральной («русской») власти преподносились как русское «варварство» (russische Barbarei), «насилие» (Vergewaltigung), угнетение (Unterdrückung) [1,4,13].

Нужно отметить, что при преобладании негативных характеристик России и русских, их положительные черты упоминались в изученных источниках очень редко и вскользь. Так, начало XX века было ознаменовано большим интересом к русской литературе в Германии. В крупных же немецких студенческих журналах это явление отражалось крайне редко. Русской литературе, в частности, посвящались отдельные статьи, но она никогда не упоминалась при характеристике народа в целом, как будто русские писатели-классики жили в какой-то другой стране, но не в России. То же самое касается и русской музыки, театра, балета.

Раздел 2: общественно-политические институты

Представления о России на уровне общественно-политических институтов я рассматривал на примере нескольких составляющих – образ главы государства, государственного аппарата, системы образования, церкви. Эти институты наиболее часто упоминались в изученных источниках, чем и обусловлен их выбор.

Несмотря на то, что Россия ещё в 1721 году стала империей, она гораздо чаще называлась царством (Zarenreich), а её глава – царём (Zar). Объясняться это может несколькими причинами. Во-первых, таким образом отражалась роль царя как персоны, обладавшей неограниченной, самодержавной властью. Во-вторых, так оспаривался имперский статус России, и одновременно подчёркивалась её не совсем европейская, «азиат-

ская» природа. Ещё одна составляющая образа царя вытекала из анализа традиционной структуры русского общества. Поскольку оно часто характеризовалось как патриархальное, то и государство было скорее семьёй, в которой за всем следит «царь-батюшка» (Väterchen) [4,13].

Государственный аппарат, выполнявший распоряжения царя, также описывался в негативных тонах. В сочетании с понятием «господство» (Herrschaft) в значении безраздельной власти часто использовалась лексема «произвол» (Willkür) [6,8,14]. Поэтому Россия описывалась как царство «чиновничьего произвола», деспотия «всесильной чиновничьей олигархии» (Beamtenwillkür) [3,13]. Опорой такого режима были силовые органы, поэтому наряду с «чиновничьим произволом» в немецкой студенческой периодике отмечался и «полицейский произвол» (Polizeiwillkür) или «власть кнута» (Knutenregiment). Русский казак с «ужасной нагайкой» был персонажем почти всех сообщений о студенческих волнениях в России [5,12].

Система российского высшего образования также заслуживала нелестных оценок. Так, объявлялось, что местные университеты являются таковыми лишь по названию, и в реальности они недалеко ушли от школ в отношении преподаваемого материала, наличия постоянного надзора за студентами и, соответственно, отсутствия академической свободы немецкого образца [4,13]. Отрицательными качествами наделялись и преподаватели высшей школы. По сравнению с их «выдающимися немецкими коллегами», «носители свободной науки» и «учёными светилами» они представлялись некомпетентными (ungebildete) людьми, служившими проводниками правительственной политики и посему даже не имевшими собственного мнения [6,8]. Студенты европейских университетов «по уровню зрелости» также ставились гораздо выше русских. Первые имели «воспитание, определённую твёрдость характера и защищённость гражданской позиции», в то время как большинство вторых представлялись как «грубая и необразованная масса, ни в коей мере не являвшаяся «цветом нации»» [1,9]. Начавшаяся с начала XX века борьба российской учащейся молодёжи за свои права, хотя и находила определённое сочувствие в немецких академических кругах, но виделась скорее бессмысленной ввиду особенностей менталитета русского студента и его культурной отсталости. Получив свободу, «он не смог бы ей распоряжаться и чувствовал себя как мужик в английском парламенте» [12].

Кризис системы университетского образования в России оказывал пагубное влияние и на высшую школу Германии, воплощением которого влияния были русские студенты, с конца XIX века массово приезжавшие на учёбу в немецкие университеты. Их пребывание в Германии по мере приближения войны всё чаще представлялось нежелательным. Причин тому было несколько. Во-первых, обучение выходцев из России передовым

достижениям немецкой науки и техники укрепляло конкурентов Германии на мировом рынке, а также ложилось тяжёлым бременем на её экономику [2,3,9]. Во-вторых, массовый приток «полуцивилизованных славян» (halbzivilisierte Slawen) представлялся как угроза для культурного развития немецкого народа [1,9]. В-третьих, из-за распространённости в среде русского студенчества радикальных идей, оно воспринималось в немецких интеллектуальных и политических кругах как возможный источник «анархистской заразы» (anarchistische Gefahr) [7,8].

Наконец, не обходился вниманием и ещё один важный институт российского общества – православная церковь. Активно обсуждалась как её история, так и современное состояние. Выбор в пользу Византии с «низкой содержательной сутью её церкви и культуры» привёл к «окостенению и застою» (Erstarrung) в русской церкви [4]. Однако, несмотря на это, за ней признавалась объединяющая роль в обществе, что выражалось в обозначении России «Святой Русью» (das Heilige Russland) [5,13]. Вместе с тем в церкви виделось и негативное влияние: она делает «всё, что в её силах, чтобы поддерживать этот средневековый, полуварварский характер народа. Она и ранее была одним из самых сильных средств принуждения для осуществления всех реакционных устремлений этой азиатской деспотии» [7]. Наконец, крайне резкие оценки давались и служителям церкви: «грязный, корыстолюбивый, пьянствующий поп – это не просто персонаж романов. Регулярная уплата налогов, соблюдение форм, ритуалов и, прежде всего, строгого поста являются для пастыря и для народа главным делом» [13].

Заключение

Подводя итог исследованию, можно сказать, что образ России в немецких академических кругах состоял скорее из негативных, чем позитивных представлений. Объяснялись они как объективными, так и субъективными факторами. Среди первых выделялись географическое положение, природно-климатические условия. В число вторых входили особенности исторического развития, менталитета. При этом объяснение каких-то событий или тенденций чертами народного характера, которые складываются столетиями и так же долго меняются, означало бы предопределённость, неотвратимость исторического развития России.

Лексические средства, с помощью которых выражался её России, зачастую повторялись. Некоторые устойчивые образы (например, казака с нагайкой) формировались на основе повторяемости событий, частотности упоминания определённого понятия в общественном дискурсе той эпохи. Другие же имели более глубокую историю, и поэтому представали в форме устойчивых клише или даже стереотипов.

В целом, представления немецких профессоров о России, получавшие широкое распространение, сыграли большую роль в оформлении общественно-политического климата в Германии накануне Первой мировой войны.

Библиографический список

1. Русские студенты и немецкие бюргеры // Студенческие отклики. 2 октября 1907, №2, с. 2-3.

2. *Студенческий информационный листок. Берлин, 11 февраля 1913, №2.*

3. *Сукенников М.* Первый Конгресс русских студентов и студенток, учащихся за границей. Берлин, 1902.

4. *Bauer E.* Russische Studenten. Ein Beitrag zur Geschichte der revolutionären Bewegung in Russland. Annaberg, 1901.

5. *Böttger H.* Die Ausweisung russischer Studenten // Burschenschaftliche Blätter, 1903-04, S. 278-279.

6. *Dorpatensis.* Brief aus Dorpat // Akademische Blätter, 1894-95, S. 212-225.

7. *Heiß C.* Nachklänge zu den Petersburger Studenten-Unruhen // Akademische Monatshefte, 1899-00, S. 199.

8. *Hötzsch O.* Deutschland und Russland // Akademische Blätter, 1908-09, S. 6-10.

9. *Krause D.* Von russischen Hochschulen. Die Studentenunruhen und die Universitätsreform // Akademische Monatshefte, 1901-02, S. 329-336.

10. *La Baume W.* Das Studium der Ausländer an deutschen Hochschulen // Burschenschaftliche Blätter, 1904-05, S. 225-228.

11. *Lexis W.* Die Ausländerfrage an den Universitäten und Technischen Hochschulen. Leipzig und Berlin, 1906.

12. *Loewenthal F.* Die Studentenbewegung in Russland // Burschenschaftliche Blätter, 1899, S. 54-57.

13. *Peter H.R.* Schnorrer, Verschwörer, Bombenwerfer: Studenten aus dem Russischen Reich an deutschen Hochschulen vor dem 1. Weltkrieg. Frankfurt/M., 2001.

14. *Rohrbach P.* Russische Universitäten // Burschenschaftliche Blätter, 1892-93, S. 82-84.

15. *Schmelzer O.* Zur russische Universitätsreform // Akademische Monatshefte, 1903-04, S. 427-428.

16. *Simmer H.* Rußland. Geographische und statistische Studie // ADB-Zeitschrift, 1908-09, s. 134-135; 1908-09, S. 13-15, 23-24.

17. *Zechlin E.* Die Reorganisation der russischen Universitäten // Akademische Monatshefte, 1897-98, S. 145-146.

УДК 378

НОВЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

Кузеленкова Е.И., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Волна крупномасштабных социальных и экономических преобразований, мощные интеграционные процессы в науке и образовании требуют сегодня переосмысления роли университета как крупного образовательного, научного и культурного центра, реализующего инновационные решения, формирующего мировоззренческую политику в обществе, способствующего развитию интеграции в сфере образования и науки.

Для устранения возможных препятствий и использования преимуществ, позволяющих получать научные кадры высшей квалификации, способные и готовые к международному научному сотрудничеству, рассмотрим деятельность аспирантуры и докторантуры в контексте подготовки ученых к международному научному сотрудничеству.

Одним из направлений развития Болонского процесса в Европе является формирование общих подходов к обеспечению и оценке качества высшего образования. При этом предполагается, что качество подготовки специалистов в высших учебных заведениях обеспечивается двумя основными составляющими: качеством содержания образовательных программ; качеством менеджмента в вузе.

Сегодня большинство моделей управления качеством образования и научных исследований в российских вузах построены на основе оценочного метода, предполагающего статистическую обработку достигнутых результатов. Однако мировой тенденцией является переход на модели, соответствующие концепции всеобщего управления качеством (Total Quality Management, TQM) и требованиям международных стандартов качества ISO 9000:2000 (International Organization for Standardization, ISO). Требования этих стандартов в вузах применимы, в основном, к подготовке специалистов к профессиональной деятельности как более регламентированному процессу, но они мало пригодны к образованию в широком смысле слова как процессу формирования личности. Требования стандарта не относятся к содержанию деятельности преподавателей высшего учебного заведения, они не действуют в аудитории, где преподаватель пользуется свободой реализовать свой научный и методический потенциал, педагогические способности учителя и воспитателя, они лишь упорядочивают процессы их деятельности.

Концепция ISO заключается в том, что требования стандарта к менеджменту организации дополняют требования к качеству самой продук-

ции. Основной продукцией вуза являются знания, умения, методологическая культура и комплексная подготовка специалистов к самореализации в обществе. А так как данная продукция является следствием оказания образовательных услуг в процессе реализации образовательных программ, следовательно, и они должны быть оценены и аккредитованы государством, обществом и авторитетными международными организациями.

С целью содействия международному признанию результатов интеллектуальной деятельности российских вузов в 2002 году в России создан Фонд содействия международной аккредитации и сертификации в области образования и наукоемких технологий (Фонд МАСС). Учредителями фонда выступили Российская академия наук, Ассоциация технических университетов и Ассоциация инженерного образования России.

Основной задачей Фонда МАСС является содействие созданию и международной сертификации систем менеджмента качества, аккредитации образовательных программ российских вузов, сертификации преподавателей высшей школы и специалистов с высшим профессиональным образованием.

Анализ содержания изучаемых в российской аспирантуре дисциплин показал, что ни одна из утвержденных российским государственным стандартом программ аспирантской подготовки не включает разделов, которые могли бы осуществить адекватную подготовку будущего ученого к международной научной интеграции. Изучение иностранного языка до сих пор носит академический по содержанию, но не коммуникативный по функции характер, что сохраняет трудности у выпускников аспирантуры в свободном общении с зарубежными коллегами. В программах отсутствует изучение проектной терминологии. Формируемые навыки проектной работы ориентированы на отечественные проекты и консорциумы, которые отличны от международных правил взаимодействия с организациями-грантодателями и зарубежными научными фондами. Практически не ведется подготовка к межкультурным научным связям в сфере профессиональной коммуникации. Не осваиваются механизмы и возможности виртуального международного научного пространства для поиска зарубежных партнеров, изучения состояния дел в избранной научной области, поиска и включения в международные научные сети сотрудничества. Не проводится системное навигационное изучение существующих сегодня международных фондов, грантовых программ, обеспечивающих ученым полное представление о грантовых возможностях и позволяющих сосредоточить усилия на тематически и идеологически подходящих в каждом конкретном случае.

Ценнейшим ресурсом представляется неформальное обучение ученых – краткосрочные курсы и практические семинары по специфическим

проблемам, например, правилам участия в международных проектах и способах фандрайзинга; а также информальное обучение через международные сети сотрудничества по тематическим направлениям, различные формы сопровождения со стороны специализированных центров, национальных контактных точек крупных международных программ, университетских центров и порталов – виртуальных научных сообществ с обменом опытом между учеными-коллегами и организацией специфических обучающих мероприятий, как и собственно приобретение навыков международного научного сотрудничества через деятельность, практику разработки и написания проектных заявок и последующую проектную деятельность внутри международного научного консорциума.

Ценность таких видов неформального обучения и подготовки ученых к международной научной деятельности в целом и к совместным проектам в частности признается самими участниками таких мероприятий.

Таким образом, ученые вовлечены в непрерывную обучающую деятельность так называемых «невидимых колледжей» – виртуальные научные сообщества с обменом опыта между учеными-коллегами и организацией специфических обучающих мероприятий; а также в подготовку через практическую деятельность проектных заявок и последующую проектную деятельность внутри международного научного консорциума [2]. Соответственно, неформальное и информальное образование имеет возможность оперативно восполнять пробелы формального образования и дополнять его по мере необходимости в специфической подготовке по определенной тематике, используя гибкие формы подготовки и ресурсы нужных организаций и специалистов, часто являющихся проводниками формального образования (например, университеты); в то же время, такое образование свободно от бюрократических процедур и формальностей, что обеспечивает оперативность и гибкость, хотя и лишено формально признаваемых документов о пройденной подготовке.

Однако, вышеперечисленного недостаточно для готовности ученого к разработке международного научного проекта и даже для попыток войти в международный научный консорциум с целью реализации совместного проекта, так как в проектной деятельности чрезвычайно велика роль экономической целесообразности каждого участника проектного консорциума.

Для интеграции ученого в мировое научное пространство следует учитывать и другие немаловажные факторы, серьезно влияющие на подготовленность ученого к международному научному сотрудничеству - интернационализация и коммерциализация как научных исследований, так и характера самого послевузовского образования. Интернационализация - процесс международной интеграции, как в образовательной, так и в научной деятельности, что создает единство ряда элементов такой деятельно-

сти. Например, интернационализация образования находит отражение в составе учащихся университета, т.е. его контингенте.

Коммерциализация - «подчинение деятельности целям извлечения прибыли» [3] и становится основой образовательной и научной деятельности в современных условиях. Особого внимания в контексте подготовки ученых к международным научным проектам заслуживает также практика научных грантов, широко распространенная в университетах и формирующая на уровне докторантуры компетенции, необходимые для участия в проектах, предполагающих «консорциумный» подход к научным исследованиям.

Таким образом, для успешной интеграции российского ученого в мировое научное пространство необходимы «инфраструктурные навыки научной деятельности», для формирования которых важно использовать разные виды образовательной деятельности ученого в течение жизни - формальной, неформальной и информальной. Адекватное содержание послевузовской подготовки для реализации поставленной задачи обеспечивает новый тип университетского комплекса, который начинает формироваться в России и доказал свою продуктивность в Европе и США. Его педагогическая среда с новым содержанием, основанным на тесной взаимосвязи передовых исследований и их коммерциализации с образованием, способна внести существенный вклад в подготовку ученого к международной научной интеграции. Наряду с преимуществами подготовки ученых, доказали свою эффективность новые виды неформальной подготовки ученых в совместной деятельности сетей сотрудничества, в формате «невидимых колледжей».

Библиографический список

1. Перфильев Ю.С. Поиск критериев идентификации содержания и качества высшего профессионального образования в России и за рубежом: науч. изд. / Ю.С. Перфильев, С.А. Подлесный, Д. Проске, Н.М. Эдвардс и др.; ред.: Ю.С. Перфильев. Красноярск: СФУ, Политехнический ин-т, 2007.

2. Crane D. Invisible Colleges. – Chicago; L. – 1972.

3. Райзберг Б.А., Лозовский Л.Ш., Стародубцева Е.Б.. Современный экономический словарь. – 2-е изд., испр. М.: ИНФРА-М, 1999. 479 с.

4. Гохберг Л.М. Общественное мнение о науке / Л. М. Гохберг, О. Р. Шувалова. – М.: ЦИСН., 1997.

5. Матронина Л.Ф. Качество образования – императив современности // Философия образования. – 2014. – № 1. – С.11-18.

СОДЕРЖАНИЕ

Приветственное слово оргкомитета конференции 4

СЕКЦИЯ 1: ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАДИОТЕХНИКИ

Гончаренко В.М., Чемесов К.С., Третьяков Е.Б.,
Антенна бегущей волны с переменной замедленной фазовой скоростью, с уменьшенным уровнем боковых лепестков 5

Жуков А.Н., Петров В.А., Смирнов В.А., Соколов А.С., Тамбовский С.С.
Мобильная система сбора данных для исследований источников вторичного электропитания 11

Маслов С.Ю., Горин К.А., Жуков А.Н., Жуков Р.В.
Результаты расчетного и экспериментального исследования антенны с расширяющейся щелью 15

Михеев С. В.
Выпрямитель-инвертор мощностью 100кВт 19

Миронов А.В., Петров В.А.
Работа стабилизированного источника вторичного электропитания на основе микросхемы MAX1759 с накачкой заряда в режиме понижения напряжения 24

Смирнов М.А.
Импульсный преобразователь для электростартера двигателя внутреннего сгорания 29

Симачков Д.С., Абдрахманов Р.Б.
О коммутационных токах в управляемых выпрямителях 32

Травин И.В., Ермаков В.В.
О методике расчёта силовой части импульсных стабилизаторов напряжения понижающего типа 39

Тян Н.Г., Редькина Е. А.
Моделирование процесса микроволнового нагрева композиционного материала 43

Абдрахманов Р.Б., Битюкова Г.В., Кузеленкова Е.Г., Марьин С.В., Симачков Д.С.
Схемотехника выпрямителей с вольтодобавкой 47

Битюков В.К., Монаков В.К., Кудрявцев Д.Ю.
Принцип защиты электроустановок от дуговых замыканий 52

СЕКЦИЯ 2: СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

Абакумова А.Ю.
Повышение пропускной способности ретранслятора системы спутниковой связи с частотным разделением каналов 59

Бильдюк Д.М.
Сравнительный анализ вероятности ошибок декодирования кодовых конструкций RIJNDAEL 62

Аблякимов И.С., Широков И.Б.
Построение беспроводных сетей без использования протоколов высокого уровня 67

Куликов А.Г.
Project Tango как средство сканирования и моделирования окружения 70

Микушин А.В., Парфенова А.В.
Исследование увеличения помехоустойчивости радиоканала методом применения обратной связи в сочетании с кодами, контролирующими ошибки 75

Епифанов М.А.
Использование персональных информационно-навигационных устройств при выполнении задач специального назначения 78

Лосев А.М.
Влияние джиттера частоты дискретизации на отношение сигнал/шум преобразователя сигналов 82

Солюс Д.М.
Реализация алгоритма фрактального сжатия изображений с использованием параллельных вычислений 88

Устименко Е.А., Широков И.Б.
Исследование влияния отношения сигнал/шум в канале связи на коэффициент ошибок при передаче FFSK сигнала 93

Зуев А.В.
Особенности mac-уровня в когнитивных сетях связи 96

Антипин Н.А.
Шифр Хилла и его модификации для матриц 32-го порядка 101

Костин М.С.
Псевдослучайный алгоритм синтеза квазиоптимальной функции спектральной плотности мощности сверхкороткоимпульсных сигналов 105

Стажков Г.И.
Реализация безопасности мобильных устройств с помощью индивидуальной прошивки ос Android 111

Тамбовский С.С.
Использование Matlab при разработке современных систем передачи информации 114

Шнайдер Г.Е.
Технология передачи информации с помощью модуляции светового потока 117

Шантуров Е.М.
Поддержание уровня QoS в сети LTE посредством применения технологии кооперации 122

СЕКЦИЯ 3: РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ И РАДИОНАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

Арсеньев Г.Н., Войнов И.Д.
К вопросу повышения точности систем синхронизации многопозиционных РЛС 127

Кузьмина Е.А.
Высшие типы волн в линии Губо 136

Барышников А.А.
Моделирование процессов самоорганизации структур сложных систем 140

Татарский Б.Г., МайстренкоЕ.В., ЯсенцевД.А.,
Мониторинг заданной области земной поверхности с помощью распределенной РЛС с режимом синтезирования апертуры 143

Крауз П.В., Каменков О.М., Федоров С.А.
Отождествление трасс воздушных объектов по информации, получаемой от различных источников 148

СЕКЦИЯ 4: РАДИОФИЗИКА И ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

Ульянов Д.К., Андреев С.Е.
Исследование спектров релятивистского плазменного СВЧ-генератора в частотном режиме 152

Артемьев К.В., Давыдов А.М., Коссый И.А.
Инициация воспламенения метан-кислородных смесей с помощью микроволнового разряда и его воздействие на процесс развития горения 157

Богачев Н.Н., Гончаров П.Ю., Андреев С.Е.
Корреляционный анализ сигнала плазменной несимметричной вибраторной антенны 159

Моряков И.В., Анпилов А.М., Бархударов Э.М., Темчин А.М.
Высоковольтный импульсный разряд в воде, основные характеристики и возможности применения 163

Харчевский А.А., Малахов Д.В., Скворцова Н.Н.
Эволюция спектров сигналов оптимизированного доплеровского рефлектометра на стеллараторе Л-2М 168

Галаджева О.В., Грицинин С.И., Давыдов А.М., Коссый И.А.
Реализация механизма ионизационно-перегревной неустойчивости в микроволновом плазматроне "микроволновая дуга". Физика и приложения. 173

Маслов С.А., Лубашевский И.А., Гусейн-заде Н.Г.
Нелинейная динамика и фазовые переходы в системе с элементами, адаптирующими свое поведение к внешним условиям 177

Маслов С.А., Васильков Д.Г., Хольнов Ю.В., Скворцова Н.Н.
Вейвлет-анализ параметров краевой плазмы стелларатора Л-2М в условиях медленных транспортных переходов 182

Богданкевич И.Л., Литвин В.О., Лоза О.Т.
Плазменный релятивистский СВЧ-генератор без сильного магнитного поля 187

Андреев' С.Е., Крымов Р.Р.
Модернизация выходного преобразователя плазменного релятивистского СВЧ-источника 191

Комаров А.Г.
Суперстатистический анализ искажений профиля лазерного пучка в оптических каналах передачи данных 197

Булыгина Ю. В.
Разработка канала связи для средневысотного беспилотного дирижабля 203

Рябикина И.Г., Летунов А.А., Скворцова Н.Н., Соколов А.С.
Оптические методы определения параметров гиротронного разряда в порошках металл-диэлектрик 209

Смирнов В.А., Малахов Д.В., Скворцова Н.Н., Борзосеков В.Д., Харчев Н.К., Кончеков Е.М.
Радиофизический аппаратный комплекс сбора и обработки данных на стеллараторе Л-2М 215

Коновалов В.Н., Кузьмин Г.П., Минаев И.М.
Исследования плазменного столба в элементах плазменной антенны 220

Малахов Д.В., Скворцова Н.Н., Кончеков Е.М., Борзосеков В.Д., Харчев Н.К., Рябикина И.Г.
Система регистрации и анализа микроволнового разряда в плазмохимическом реакторе в оптическом и СВЧ диапазоне длин волн 223

Шеповалов М.В.
Исследование поверхностной волны вблизи стержней с конечной проводимостью 228

СЕКЦИЯ 5. ПОДГОТОВКА ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КАДРОВ ДЛЯ НАУКОЕМКИХ ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Агафонов А.Н. Епифанов Р.А.
Хакеры как вызов современному образованию 231

Голубев А.С.
Основные причины снижения интереса к технической подготовке учащимися вузов 236

Калинин Д.В.
Роль философии и гуманитарных наук в технических вузах 238

Клюшник Д.А.
История ракетостроения в МИРЭА как воспитательный фактор в образовательном процессе студентов 241

Лобанов И.С.
Кадровая проблема в экономике России 245

Мамедов Балахан Эльдар Оглы
Образование как источник социально-экономического развития России 247

Шнайдер Г.Е., Иринархов А.С., Кучеренко И.В.,
Методология подготовки технических кадров 249

Дидык Н.В.
Активные формы и методы обучения для формирования языковых компетенций у студентов технического вуза 254

Асадуллина Э.Ф., Манджиев А.А.
Сопоставительный анализ языков при обучении иностранным языкам русскоговорящих студентов 258

Рыбакова Е.Е.
Проектная деятельность как стимул мотивации учения 262

Курсевич Д.В.
Использование современных аутентичных художественных и нехудожественных текстов для становления и формирования социокультурной компетентности 265

Асадуллина Э.Ф.
Об инновационном подходе к обучению русскому языку как иностранному 269

Фролов Ю.В.
Лексические средства выражения образа России в немецких академических кругах в начале XX века 272

Кузеленкова Е.И.
Новые требования к качеству высшего образования 278