

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по НРиИ ТУСУР,

д.т.н., профессор

Р.В. Мещеряков

« 9 » 09 2016 г.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» (ТУСУР).

Диссертация «Анализ эффективности экранирования бортовой радиоэлектронной аппаратуры космического аппарата и создание устройств для испытаний на электромагнитную совместимость» выполнена в ТУСУРе на кафедре телевидения и управления (ТУ).

Соискатель Комнатнов Максим Евгеньевич является аспирантом и младшим научным сотрудником каф. ТУ ТУСУРа.

Научный руководитель – Газизов Тальгат Рашитович, д.т.н., с.н.с., заведующий кафедрой ТУ ТУСУРа.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Оценка выполненной соискателем работы

Диссертация Комнатнова Максима Евгеньевича является научно-квалифицированной работой, в которой содержится решение, имеющее важное значение для технических наук, а именно исследование характеристик СВЧ устройств для их оптимизации и модернизации, что позволяет обеспечивать электромагнитную совместимость, и разрабатывать новые пассивные устройства СВЧ, в том числе экранирующие, с существенно улучшенными параметрами (по паспорту специальности 05.12.07 – «Антенны, СВЧ устройства и их технологии»), а также исследования явлений прохождения электромагнитных волн различных диапазонов, через среды, их рассеяния и отражения, разработку научных и технических основ проектирования, конструирования, испытания и сертификации радиотехнических устройств, разработку радиотехнических устройств для использования их в

промышленности, биологии, медицине, метрологии и др. (по паспорту специальности 05.12.04 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения), за счет анализа эффективности экранирования (ЭЭ) бортовой радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) космического аппарата (КА) и создания устройств для испытаний на электромагнитную совместимость (ЭМС) и исследований в биомедицине.

Личное участие автора в получении результатов

Результаты диссертационной работы, сформулированные в положениях, выносимых на защиту, и составляющие научную новизну работы, получены автором лично. Вклад автора состоит в непосредственном участии в анализе эффективности экранирования бортовой РЭА КА и создании устройств для испытаний на ЭМС, а также в обработке и интерпретации данных численного моделирования и натурных экспериментов, подготовке основных публикаций по диссертационной работе. Программная реализация модулей вычисления ЭЭ выполнена совместно с С.П. Куксенко. Моделирование ЭЭ и разработка ТЕМ- и ГТЕМ-камер, а также климатической экранированной камеры, выполнены автором лично. Обработка и интерпретация результатов выполнены лично автором. Некоторые результаты исследований получены совместно с соавторами опубликованных работ.

Степень достоверности результатов работы

Достоверность результатов основана на корректном использовании метода конечных элементов, метода моментов, метода матриц линий передачи, теории линий передачи, а также на согласованности результатов моделирования разными численными методами в нескольких программных продуктах и совпадении результатов моделирования и натурального эксперимента.

Научная новизна диссертации

1. Разработана методика анализа эффективности экранирования бортовой радиоэлектронной аппаратуры космического аппарата, отличающаяся использованием аналитического, квазистатического и электродинамического подходов.

2. Выявлены особенности частотных зависимостей эффективности экранирования: металлической пластины; корпуса соединителя; унифицированного электронного модуля, корпуса блока системы автономной навигации.

3. Предложена методика оптимизации геометрических размеров ТЕМ-камеры, отличающаяся совместным использованием аналитического, квазистатического и электродинамического подходов.

4. Разработаны ТЕМ-камеры для испытаний на электромагнитную совместимость и биомедицинских исследований с возможностью климатических воздействий на объект.

Практическая значимость

1. Разработаны программные модули, позволяющие выполнить быструю оценку ЭЭ для различных геометрических размеров корпуса с апертурой и материалов для разных полей, которые позволили выполнить оценку и дать рекомендации по повышению ЭЭ реальной бортовой РЭА КА для ОАО «ИСС».

2. Показано, что при экранировании металлической пластиной переход от алюминия к более легкому сплаву магния ухудшает экранирование.

3. Приведены рекомендации по повышению (до 20 дБ) ЭЭ корпуса соединителя СНП 393 на частотах до 1 ГГц.

4. Применение аналитического выражения для расчета резонансов корпуса и аналитической модели для вычисления ЭЭ прямоугольного корпуса с апертурой в системе TALGAT позволяет произвести их быструю оценку.

5. Обнаружены локальные места проникновения ЭМП внутрь корпуса блока САН.

6. Приведены рекомендации по увеличению ЭЭ корпусом с апертурой.

7. Разработаны электродинамические и твердотельные модели ТЕМ-камер, для вычисления оптимальных геометрических размеров, на основе которых может быть изготовлена ТЕМ-камера, для высоты испытуемого объекта (ИО) от 5 мм до 40 мм.

8. Разработана конструкция ТЕМ-камеры, которая превышает характеристики существующих камер по диапазону частот (до 2 ГГц) и высоте

ИО (до 20 мм) и пригодна для исследований и испытаний согласно стандартам на помехоэмиссии и помехоустойчивость ИС, небольших РЭС, а также биологических объектов (БО), представляющих собой клетки и ткани живых организмов и растений.

9. Разработаны ТЕМ-камера, на внутренних боковых стенках которой нанесен мюметалл, с рабочим диапазоном частот до 3 ГГц и миниатюрные ТЕМ-камеры, для измерения ЭЭ материалов и БО высотой до 5 мм, при $|S_{11}|$, не превышающем минус 20 дБ в диапазоне частот до 7 ГГц.

10. Получен патент на изобретение: климатическая экранированная камера (КЭК).

11. Представлен облик, разработаны технические требования, приведены технические характеристики и разработаны методы применения КЭК для испытаний компонентов и небольших устройств на помехоэмиссию и помехоустойчивость с одновременным климатическим воздействием на ИО, а также для биомедицинских исследований.

12. Камера позволит получить новые знания о взаимовлиянии внутренних и внешних электромагнитных и климатических воздействий на ИО, размещенный в её внутреннем объёме.

13. Результаты работы использованы в учебном процессе двух университетов.

14. Разработаны лабораторные макеты ГТЕМ-камеры и полосковой линии.

Ценность научных работ соискателя

Научные работы соискателя имеют высокую ценность. Она подтверждается многочисленными публикациями и широким использованием их результатов.

Результаты исследований использованы:

1. ОКР «Разработка комплекса программных и технических средств для контроля информационных магистралей, обеспечения электромагнитной совместимости и исследования надёжности унифицированного ряда электронных модулей на основе технологии «система-на-кристалле» для систем управления и электропитания космических аппаратов связи, навигации и

дистанционного зондирования Земли с длительным сроком активного существования», тема «УЭМ-ТУСУР», хоздоговор 95/10 от 24.11.2010 в рамках реализации Постановления 218 Правительства РФ.

2. ОКР «Разработка принципов построения и элементов системы автономной навигации с применением отечественной специализированной элементной базы на основе наногетероструктурной технологии для космических аппаратов всех типов орбит», тема «САН», хоздоговор 96/12 от 16.11.2012 в рамках реализации Постановления 218 Правительства РФ.

3. Проект «Развитие объектов инновационной инфраструктуры ТУСУРа, включая технологический бизнес-инкубатор, обеспечивающей укрепление кооперации университета с промышленными предприятиями в создании высокотехнологичных производств и целевой подготовке кадров по приоритетным направлениям развития науки, техники и технологий РФ» в рамках реализации Постановления 219 Правительства РФ в 2011–2012 гг.

4. Составная часть ОКР «Разработка материалов в эскизный проект ОКР «Развитие наземного сегмента космического комплекса системы ГЛОНАСС» в части создания составных частей сети наземных станций контроля и управления БАМИ». х.д. 25/13 между ТУСУРОм и ОАО «ИСС» им. акад. М.Ф. Решетнева».

5. Подпроект 2.2.1.3 «Разработка комплекса учебно-методического и программного обеспечения для исследования и проектирования инновационных устройств с учётом электромагнитной совместимости» на 2013 г. в рамках реализации программы стратегического развития ТУСУРа 2012–2016 гг.

6. НИР «Создание климатической экранированной ТЕМ-камеры», грант «УМНИК» 2014–2016 гг.

7. НИР «Комплексные исследования по разработке алгоритмов, математического обеспечения и средств проектирования для создания новых элементов защиты и контроля вычислительных систем на основе модальных явлений», грант РФФИ 14-29-09254, 2014–2016 гг.

8. НИР «Комплекс фундаментальных исследований по математическому моделированию, ориентированных на электромагнитную совместимость

бортовой аппаратуры перспективных космических аппаратов», грант РФФИ 13-07-98017, 2012–2014 гг.

9. НИР «Комплексное обоснование возможностей создания модальной технологии помехозащиты критичной радиоэлектронной аппаратуры и совершенствования существующих и разработки новых помехозащитных устройств на её основе», грант РФФИ 14-19-01232, 2014–2016 гг.

10. НИР «Разработка новых программных и аппаратных средств для моделирования и обеспечения электромагнитной совместимости радиоэлектронной аппаратуры» в рамках проектной части государственного задания в сфере научной деятельности 8.1802.2014/К, 2014–2016 гг.

11. Учебный процесс НИ ТГУ: целевая подготовка магистрантов физико-технического факультета по программе «Космические промышленные системы» для предприятия «Газпром космические системы», г. Королев.

12. Учебный процесс радиотехнического факультета ТУСУР.

13. Регистрация программ для ЭВМ: получено 8 свидетельств.

14. Один патент на изобретение и 3 заявки на изобретение.

Специальность, которой соответствует диссертация

Диссертационная работа Комнатнова Максима Евгеньевича по своему содержанию соответствует двум специальностям, а именно 05.12.07 – «Антенны, СВЧ устройства и их технологии» в областях исследования «Исследование характеристик антенн и СВЧ устройств для их оптимизации и модернизации, что позволяет осваивать новые частотные диапазоны, обеспечивать электромагнитную совместимость, создавать высокоэффективную технологию и т.д.» (п. 2 паспорта), «Исследование и разработка новых антенных систем, активных и пассивных устройств СВЧ, в том числе управляющих, фазирующих, экранирующих и других, с существенно улучшенными параметрами» (п. 3 паспорта); 05.12.04 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения» в областях исследования «Исследование явлений прохождения электромагнитных волн различных диапазонов, через среды, их рассеяния и отражения» (п. 2 паспорта), «Разработка научных и технических основ проектирования, конструирования,

технологии производства, испытания и сертификации радиотехнических устройств» (п. 9 паспорта), «Разработка радиотехнических устройств для использования их в промышленности, биологии, медицине, метрологии и др.» (п. 10 паспорта) по техническим наукам.

Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных автором

Результаты исследований опубликованы в 50 работах: 6 статей в журналах из перечня ВАК; 2 статьи в другом рецензируемом журнале; 1 патент на изобретение; 8 свидетельств о регистрации программы для ЭВМ; 3 доклада в трудах зарубежных конференций; 30 докладов в трудах отечественных конференций.

Статьи в отечественных журналах из перечня ВАК

1. Комнатнов М.Е. Моделирование эффективности экранирования металлической пластиной для бортовой аппаратуры космического аппарата / М.Е. Комнатнов, Т.Р. Газизов, А.С. Дементьев // Доклады ТУСУР. – 2011. – №2(24), ч. 1. – С. 133–136.

2. Комнатнов М.Е. Эффективность экранирования унифицированных электронных модулей / М.Е. Комнатнов, Т.Р. Газизов, А.С. Дементьев // Известия вузов. Физика. – 2012. – Том 55, №7/2. – С. 89–92.

3. Комнатнов М.Е. Оценка эффективности экранирования корпуса соединителя бортовой радиоэлектронной аппаратуры космического аппарата / М.Е. Комнатнов, Т.Р. Газизов // Авиакосмическое приборостроение. – 2013. – №4. – С. 37–42.

4. Комнатнов М.Е. О совместных климатических и электромагнитных испытаниях радиоэлектронной аппаратуры / М.Е. Комнатнов, Т.Р. Газизов // Доклады ТУСУР. – 2014. – №4(34), ч. 1. – С. 39–45.

5. Газизов Т.Р. Магистерская программа ТУСУРа «Электромагнитная совместимость радиоэлектронной аппаратуры» / Т.Р. Газизов, С.П. Куксенко, А.М. Заболоцкий, М.Е. Комнатнов, В.К. Салов // Технологии ЭМС. – 2016. – №1(56). – С. 24–33.

6. Busygina A.V. Problems of investigations in sphere of electromagnetic fields impact on biological objects. / A.V. Busygina, M.E. Komnatnov, O.A. Matveyenko // Siberian scientific medical journal. – 2016. – Vol. 36, № 1 – P. 48–54.

Статьи в рецензируемом журнале

7. Газизов Т.Р. Пути решения актуальных проблем проектирования радиоэлектронных средств с учетом электромагнитной совместимости / Т.Р. Газизов, А.М. Заболоцкий, М.Е. Комнатнов, и др. // Техника радиосвязи. – 2014. – №2(22). – С. 11–22.


8. Комнатнов М.Е. Камера для совместных климатических и электромагнитных испытаний электронных компонентов / М.Е. Комнатнов, Т.Р. Газизов // Техника радиосвязи. – 2014. – №3(23). – С. 84–91.

Диссертация «Анализ эффективности экранирования бортовой радиоэлектронной аппаратуры космического аппарата и создание устройств для испытаний на электромагнитную совместимость» Комнатнова Максима Евгеньевича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.04 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения».

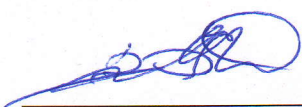
Заключение принято на заседании кафедры ТУ.

Присутствовало на заседании 16 чел. Результаты голосования: «за» – 16 чел., «против» – 0 чел., «воздержалось» – 0 чел., протокол № 4 от 9 апреля 2016 г.

Председатель,
д.т.н., профессор кафедры ТУ


И.Н. Пустынский

Секретарь,
к.т.н., доцент кафедры ТУ


С.П. Куксенко