



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по НРИИ ТУСУР,

д.т.н., профессор

Р.В. Мещеряков

«29» 02 2016 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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

Диссертация «Модели, алгоритмы, методики, технологии и устройства для обеспечения электромагнитной совместимости бортовой радиоэлектронной аппаратуры космического аппарата» выполнена в ТУСУРе на кафедре телевидения и управления (ТУ).

Соискатель Заболоцкий Александр Михайлович в 2015 окончил обучение в докторантуре ТУСУРа с представлением диссертационной работы.

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

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Оценка выполненной соискателем работы

Диссертация Заболоцкого Александра Михайловича является научно-квалифицированной работой, в которой содержится решение имеющей важное хозяйственное значение научной проблемы создания моделей, алгоритмов, методик, технологий и устройств для обеспечения электромагнитной совместимости (ЭМС) бортовой радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) космического аппарата (КА).

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 разработке моделей, алгоритмов, методик, технологий и устройств для обеспечения ЭМС бортовой РЭА КА, а также в обработке и интерпретации данных численного

моделирования и натуральных экспериментов, подготовке основных публикаций по диссертационной работе. Программная реализация квазистатических моделей для вычисления временного отклика выполнена совместно с А.О. Мелкозеровым. Исследование модальных явлений выполнено совместно с И.Е. Самотиным, П.Е. Орловым, И.Г. Бевзенко. Моделирование частотной зависимости параметров материалов печатных плат выполнено совместно с В.К. Саловым. Создание моделей типовых пассивных компонентов с учетом паразитных параметров выполнено совместно с И.Ф. Калимулиным. Некоторые результаты исследований получены совместно с соавторами опубликованных работ.

Степень достоверности результатов работы

1. Достоверность созданных моделей, алгоритмов и программ подтверждена сравнением результатов моделирования с результатами других авторов, других программных продуктов и натурального эксперимента, проведенного на сертифицированном оборудовании. Для моделей пассивных двухполюсных компонентов из RLC-элементов получена согласованность результатов экспериментальных исследований сертифицированными векторными анализаторами цепей. Для моделей частотной зависимости относительной диэлектрической проницаемости печатных плат показана воспроизводимость результатов при многократных измерениях.

2. Достоверность предложенных технологий для обеспечения ЭМС основана на использовании известных методов теории цепей, в частности модального анализа. Полученные теоретические результаты подтверждены натурными экспериментами, как качественно, так и количественно, в пределах допустимой погрешности измерения. Эксперименты выполнены на разных сертифицированных приборах, видах реальных печатных и кабельных структур.

3. Возможность практической реализации устройств подтверждена их изготовлением в АО «НПЦ «Полус» и «ИСС». Для совершенствования параметров устройств использованы проверенные методы оптимизации. Получено совпадение результатов, полученных при квазистатическом анализе,

электродинамическом анализе и экспериментально. Работоспособность созданных устройств подтверждена натурными экспериментами и их эксплуатацией.

4. Реализуемость предложенных способов и устройств на практике подтверждена моделированием и экспериментально.

Научная новизна диссертации

1. Разработаны модели, алгоритмы и программы для вычисления отклика схемы из отрезков многопроводных линий передачи с RLC-элементами на стыках, учитывающие паразитные параметры пассивных электронных компонентов и частотную зависимость относительной диэлектрической проницаемости материалов.

2. Предложена технология уменьшения взаимовлияний в печатных проводниках, основанная на выборе оптимальных параметров проводников и диэлектриков.

3. Предложена технология модальной фильтрации, основанная на уменьшении амплитуды нежелательного сигнала за счет его разложения в многопроводных линиях с неоднородным диэлектрическим заполнением.

4. Предложена технология модального разложения и восстановления, основанная на явлении разложения сигнала и последующего восстановления его в многоотрезочных структурах многопроводных линий с неоднородным диэлектрическим заполнением.

5. Созданы новые помехозащитные устройства на основе печатных и кабельных структур, отличающиеся использованием модального разложения нежелательного сигнала.

Практическая значимость

1. Получены патенты на 3 полезные модели (модальный фильтр; устройство воздействия на аппаратуру; устройство модального зондирования) и 7 изобретений (устройство для нарушения работы аппаратуры за счет разложения и восстановления импульсов; устройство защиты от импульсных сигналов; устройство обнаружения импульсов в многопроводных линиях передачи; устройство обнаружения, идентификации и диагностики

многопроводных линий передачи; линия задержки, неискажающая импульс; меандровая линия с дополнительной задержкой; микрополосковая линия со стабильной задержкой).

2. Программно реализованы 3 модели для вычисления временного и частотного откликов произвольных схем многопроводных линий передачи, что позволяет (в рамках квазистатического подхода) осуществить моделирование временного и частотного откликов реальных фрагментов многопроводных межсоединений.

3. Предложено уменьшение модальных искажений в межсоединениях ПП нанесением покрывающего диэлектрического слоя.

4. Показана возможность модальных искажений в широко применяемых кабелях.

5. Предложена защита (и её расчет) от импульсов помех малой длительности посредством их последовательного разложения в отрезках многопроводных межсоединений на большее число импульсов меньшей амплитуды.

6. Предложен способ коррекции формы импульсного сигнала с помощью меандровых линий за счет взаимных влияний в проводниках меандровой линии.

7. Показано, что разность погонных задержек мод двух проводников, планарно расположенных в диэлектрике над идеально проводящей плоскостью, меняет свой знак, достигая значений от $-0,8$ до $+1,5$ нс/м при сильной связи.

8. При моделировании модальных явлений получены частотные и временные отклики сигнала для различных видов линий передачи, форм и чисел их проводников, значений параметров их проводников и диэлектриков, а также количества и длин отрезков линий передачи и граничных условий на их концах.

9. Выполнен анализ собственных значений и векторов для гибкого печатного кабеля бортовой РЭА КА и показана возможность модального разложения импульса в нём.

10. Разработаны рекомендации по улучшению ЭМС: пяти унифицированных электронных модулей (УЭМ) энергопреобразующего

комплекса; УЭМ блока аппаратуры радионавигации; ПП макета радиотракта системы автономной навигации; печатного узла системы автономной навигации.

11. Усовершенствован учебный процесс трех университетов: КНИТУ-КАИ, НИ ТГУ, ТУСУР.

Ценность научных работ соискателя

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

Результаты исследований использованы:

1. Оценка паразитных электромагнитных эффектов в ПП и в кабелях аппаратуры, разрабатываемой в НПЦ «Полюс».

2. НИР «Разработка технической документации прибора для прямого видеонаблюдения состояния элементов эксплуатационных и фильтровых колонн нагнетательных и контрольных скважин полигона подземного захоронения ЖРО СХК», рег. ном. НИР 0120.0 509.654, хоздоговор 20-05, ТУСУР, Томск, 2005 г.

3. Проект «Разработка системы компьютерного моделирования электромагнитной совместимости», заключительный отчет ВТК-15 по мероприятию 3.1.3а инновационной программы ТУСУР, 2006 г.

4. ОКР «Разработка и поставка аппаратно-программного комплекса для проведения анализа взаимовлияний электрических сигналов бортовой аппаратуры», хоздоговор 28/08 от 14.04.2008, шифр «АПК–ТУСУР», генеральный заказчик Министерство обороны РФ.

5. Изготовление и поставка 8 макетов модальных фильтров для защиты сети Fast Ethernet от сверхкоротких импульсов, хоздоговор НИИЦ/НИР/10-01 от 15.01.2010 с ФГУП «ЦентрИнформ», г. Санкт-Петербург.

6. 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.

7. 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.

8. 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.

9. 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.

10. НИР «Разработка основ синтеза методом «выращивания» 2D и 3D топологий нерегулярных микрополосковых структур, управляемых интегральных устройств ВЧ и СВЧ диапазонов и их экспериментальное исследование» в рамках Федеральной целевой программы, государственный контракт П 690 от 12.08.2009.

11. НИОКТР «Разработка эскизных проектов модальных фильтров защиты различной аппаратуры от импульсов высокого напряжения», контракт 8569р/13904 от 17.12.2010, г. Томск.

12. НИОКТР «Теоретико-экспериментальные исследования и разработка макета устройства модального зондирования многопроводных структур», контракт 10466р/18719 от 08.06.2012, г. Томск.

13. НИР «Разработка математических моделей для трассировки меандровых линий задержки с оптимальными параметрами», договор № Р-20130122 от 18.01.2013, г. Томск.

14. НИР «Исследование новых модальных явлений в структурах многопроводных линий передачи с неоднородным диэлектрическим заполнением», грант РФФИ 06-08-01242, 2006 г.

15. НИР «Комплекс фундаментальных исследований по математическому моделированию, ориентированных на электромагнитную совместимость бортовой аппаратуры перспективных космических аппаратов», грант РФФИ 13-07-98017, 2013–2014 гг.

16. 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.

17. 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.

18. 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.

19. Защита сетевых адаптеров вычислительной техники и серверного оборудования в МЧС России по Томской области, 2015 г.

20. Учебный процесс КНИТУ-КАИ.

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

22. Учебный процесс радиотехнического факультета ТУСУР.

23. Регистрация программ для ЭВМ: получено 27 свидетельств.

24. Патенты: 3 полезных модели, 7 изобретений, 28 заявок на изобретение.

Специальность, которой соответствует диссертация

Диссертационная работа Заболоцкого Александра Михайловича по своему содержанию соответствует двум специальностям: 05.12.04 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения» в области исследования «Разработка научных и технических основ проектирования, конструирования, технологии производства, испытания и сертификации радиотехнических устройств» (п. 9 паспорта); 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) по техническим наукам.

Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных автором

Результаты исследований опубликованы в 164 работах: 6 монографий; 34 статьи в журналах из перечня ВАК; 2 статьи в зарубежных журналах; 4 статьи в других журналах; 10 патентов; 27 свидетельств о регистрации программы для ЭВМ; 16 докладов в трудах зарубежных конференций; 65 докладов в трудах отечественных конференций.

Монография

1. Заболоцкий А.М. Временной отклик многопроводных линий передачи: моногр. / А.М. Заболоцкий, Т.Р. Газизов – Томск: Томский государственный университет, 2007. – 152 с.

2. Заболоцкий А.М. Импульсные сигналы в многопроводных линиях передачи. Методы, алгоритмы и программы для анализа многопроводных линий передачи и способы уменьшения искажений импульсных сигналов в них: моногр. – Germany, Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2011. – 164 с.

3. Самотин И.Е. Кабельные и полосковые модальные фильтры. Модальное разложение импульса в кабельных и полосковых структурах и разработка устройств защиты на его основе: моногр. / И.Е. Самотин, А.М. Заболоцкий, Т.Р. Газизов. – Germany, Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2012. – 208 с.

4. Заболоцкий А.М. Модальные фильтры для защиты бортовой радиоэлектронной аппаратуры космического аппарата: моногр. / А.М. Заболоцкий, Т.Р. Газизов. – Томск: Издательство Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники, 2013. – 151 с.

5. Совершенствование моделирования и обеспечения электромагнитной совместимости бортовой радиоэлектронной аппаратуры космических аппаратов: моногр. / В.К. Салов, А.М. Заболоцкий, С.П. Куксенко, П.Е. Орлов, Р.С. Суровцев. – Томск: Изд-во Томск. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники, 2014. – 131 с.

6. Калимулин И.Ф. Методики и модели для учёта паразитных параметров печатных узлов при анализе электромагнитной совместимости бортовой радиоэлектронной аппаратуры космических аппаратов: моногр. / И.Ф. Калимулин, А.М. Заболоцкий, Т.Р. Газизов. – Томск: Издательство Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники, 2015. – 160 с.

Статьи в отечественных журналах из перечня ВАК

1. Газизов Т.Р. Исследование модальных искажений импульсного сигнала в многопроводных линиях с неоднородным диэлектрическим заполнением / Т.Р. Газизов, А.М. Заболоцкий, О.М. Кузнецова-Гаджибаева // Электромагнитные волны и электронные системы. – 2004. – №11. – С. 18–22.

2. Компьютерное моделирование сложных структур проводников при проектировании телевизионно-вычислительных систем / Т.Р. Газизов, А.О. Мелкозеров, Т.Т. Газизов, С.П. Куксенко // Известия вузов. Приборостроение. – 2005. – №10. – С. 63–66.

3. Заболоцкий А.М. Искажения импульсного сигнала в простых меандровых линиях / А.М. Заболоцкий, Т.Р. Газизов // Инфокоммуникационные технологии. – 2006. – Т. 4. – №3. – С. 34–38.

4. Заболоцкий А.М. Разложение и восстановление импульса в линиях передачи / А.М. Заболоцкий, Т.Р. Газизов // Электромагнитные волны и электронные системы. – 2006. – №11. – С. 4–7.

5. Заболоцкий А.М. Уменьшение дальней перекрестной помехи в печатных платах нанесением лака / Т.Р. Газизов, А.М. Заболоцкий, О.М. Кузнецова-Таджибаева, // Технологии ЭМС. – 2006. – №4. – С. 36–39.

6. Заболоцкий А.М. Модальное разложение импульса в отрезках связанных линий как новый принцип защиты от коротких импульсов / Т.Р. Газизов, А.М. Заболоцкий // Технологии ЭМС. – 2006. – №4. – С. 40–44.

7. Заболоцкий А.М. Исследование искажений импульсного сигнала в меандровых линиях печатных плат / А.М. Заболоцкий, Т.Р. Газизов // Вестник КГТУ им. А.Н. Туполева. – 2007. – №3. – С. 21–24.

8. Использование плоского силового кабеля как защитного устройства от сверхкоротких импульсов / И.Е. Самотин, Т.Р. Газизов, А.М. Заболоцкий, Р.В. Киричек // Доклады ТУСУР. 2010. №1(21), ч. 2. – С. 74–79.

9. Заболоцкий А.М. Модальный фильтр с TVS-сборкой для защиты сети Fast Ethernet / А.М. Заболоцкий, И.Е. Самотин, Т.Р. Газизов // Доклады ТУСУР. 2010. №2(22), ч. 2. – С. 160–164.

10. Разработка конструкции и технологии изготовления макетов модальных фильтров для сети Fast Ethernet / О.М. Кузнецова-Таджибаева, Л.Н. Жеребцова, В.В. Поспелов, Д.В. Дроздов, Т.Р. Газизов, А.М. Заболоцкий, И.Е. Самотин, С.В. Пономарев // Доклады ТУСУР. 2010. №2(22), ч. 2. – С. 164–169.

11. Бевзенко И.Г. Модальные антиподы плоских трехпроводных кабелей / И.Г. Бевзенко, Т.Р. Газизов, А.М. Заболоцкий // Электромагнитные волны и электронные системы. – 2011. – №11. – С. 71–74.

12. Заболоцкий А.М. Индуктивность цепи земля-питание в печатных платах бортовой аппаратуры космических аппаратов / А.М. Заболоцкий, Т.Р. Газизов, И.Ф. Калимулин // Авиакосмическое приборостроение. – 2011. – №11. – С. 11–15.

13. Заболоцкий А.М. Экспериментальные исследования разложения и восстановления электрических импульсов в структурах с различными модальными антиподами / А.М. Заболоцкий, И.Г. Бевзенко, Т.Р. Газизов // Известия вузов. Физика. – 2011. – Том 54, №10. – С. 17–24.

14. Калимулин И.Ф. Импеданс низкочастотных пассивных компонентов бортовой аппаратуры в диапазоне до 20 ГГц / Т.Р. Газизов, И.Ф. Калимулин, А.М. Заболоцкий // Приборы и техника эксперимента. – 2012. – №2. – С. 91–97.

15. Заболоцкий А.М. Модальный фильтр как устройство защиты бортовых вычислителей и блоков управления космических аппаратов от электростатического разряда / А.М. Заболоцкий, Е.С. Долганов, Т.Р. Газизов // Известия вузов. Физика. – 2012. – Том 55, №3. – С. 39–43.

16. Орлов П.Е. Новая концепция создания интегрированных датчиков для контроля электромагнитной обстановки в бортовой аппаратуре космического аппарата / П.Е. Орлов, А.М. Заболоцкий, Т.Р. Газизов // Авиакосмическое приборостроение. – 2012. – №5. – С. 20–23.

17. Заболоцкий А.М. Использование гибкого печатного кабеля для защиты бортовой аппаратуры космических аппаратов от высокочастотных кондуктивных помех / А.М. Заболоцкий, Е.С. Долганов, Т.Р. Газизов // Авиакосмическое приборостроение. – 2012. – №7. – С. 18–27.

18. Орлов П.Е. Экспериментальное подтверждение возможности бесконтактной диагностики многопроводных структур посредством модального зондирования / П.Е. Орлов, Т.Р. Газизов, А.М. Заболоцкий // Известия вузов. Физика. – 2013. – Том 56. № 6. – С. 44–47.

19. Газизов Т.Р. Частотный анализ модальных искажений и его применение в диагностике электрических соединений / Т.Р. Газизов, П.Е. Орлов, А.М. Заболоцкий // Известия вузов. Физика. – 2013. – Том 56, № 9. – С. 113–114.

20. Н.И. Базенков. Таблицы для возведения многочлена в степень / Н.И. Базенков, А.М. Заболоцкий // Нелинейный мир. – 2013. – №11. – С. 788–798.

21. Орлов П.Е. Применение квазистатического моделирования для анализа и верификации результатов натурального эксперимента при исследовании модальных явлений в многопроводных структурах / П.Е. Орлов, А.М. Заболоцкий, Т.Р. Газизов // Инфокоммуникационные технологии. – 2013. – Том 11, № 4. – С. 75–83.

22. Заболоцкий А.М. Методика предварительного анализа электромагнитной совместимости унифицированного электронного модуля космического аппарата / А.М. Заболоцкий, В.К. Салов // Электромагнитные волны и электронные системы. – 2014. – Т. 19, №6. – С. 41–46.

23. Салов В.К. Получение частотной зависимости диэлектрической проницаемости диэлектрика резонаторным методом / В.К. Салов, А.М. Заболоцкий, Т.Р. Газизов // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2014. – Том 57, № 6. – С. 134–136.

24. Совместный учёт паразитных параметров компонентов и монтажа при вычислении частотных характеристик пассивных цепей бортовой аппаратуры космических аппаратов / И.Ф. Калимулин, А.М. Заболоцкий, Т.Р. Газизов, О.М. Кузнецова-Таджибаева // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – 2014. – № 3(33). – С. 27–35.

25. Орлов П.Е. Влияние длины и количества витков на задержку микрополосковой линии / П.Е. Орлов, Т.Р. Газизов, А.М. Заболоцкий // Инфокоммуникационные технологии. – 2014. – Том 13, №4. – С. 93–96.

26. Заболоцкий А.М. Использование зеркальной симметрии для совершенствования модальной фильтрации // Докл. Томск. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники. – 2015. – № 2(36). – С. 41–44.

27. Новые возможности системы моделирования электромагнитной совместимости «TALGAT» / С.П. Куксенко, А.М. Заболоцкий, А.О. Мелкозеров, Т.Р. Газизов // Докл. Томск. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники. – 2015. – № 2(36). – С. 45–50.

28. Газизов Т.Р. Новый способ трассировки печатных проводников цепей с резервированием / Т.Р. Газизов, П.Е. Орлов, А.М. Заболоцкий, Е.Н. Буичкин // Докл. Томск. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники. – 2015. – № 3(37). С. 42–45.

29. Заболоцкий А.М. Многопроводная микрополосковая линия как модальный фильтр для защиты от сверхкоротких импульсов / Т.Р. Газизов, А.М. Заболоцкий, А.О. Белоусов // Докл. Томск. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники. – 2015. – № 3(37). С. 36–41.

30. Носов А.В. Меандровая линия задержки из двух витков, защищающая от сверхкоротких импульсов / А.В. Носов, Р.С. Суровцев, Т.Р. Газизов, А.М. Заболоцкий // Докл. Томск. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники. – 2015. – № 3(37). С. 29–35.

31. Газизов Р.Р. Локализация максимумов сигнала в многопроводных линиях передачи печатных плат с помощью системы TALGAT / Р.Р. Газизов, А.М. Заболоцкий, П.Е. Орлов // Докл. Томск. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники. – 2015. – № 4(38). – С. 153–156.

32. Дмитренко И.В. Анализ частотного отклика модального фильтра для подавления излучаемых эмиссий бортовой аппаратуры космического аппарата / И.В. Дмитренко, А.М. Заболоцкий // Докл. Томск. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники. – 2015. – № 4(38). – С. 157–160.

33. Калимулин, И.Ф. Синтез многорезонансных моделей пассивных компонентов для моделирования испытаний на электромагнитную совместимость в диапазоне частот до 40 ГГц / И.Ф. Калимулин, А.М. Заболоцкий, Т.Р. Газизов // Приборы и техника эксперимента. – 2016. – №1. – С. 88–96.

Статьи в зарубежных журналах

1. Zabolotsky A.M. Experimental results on UWB pulse propagation in Low-Voltage Power Cables With Different Cross Sections / T.R. Gazizov, A.M. Zabolotsky // IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility. – 2012. – Vol. 54, № 1. – PP. 229–231.

2. Zabolotsky A.M. Simulation of ultrawide band pulse propagation in asymmetrical modal filter for power network protection / A.M. Zabolotsky, A.T. Gazizov // International Journal of Circuits, Systems and Signal Processing. – 2015. – Vol. 9. – PP. 68–74.

Диссертация «Модели, алгоритмы, методики, технологии и устройства для обеспечения электромагнитной совместимости бортовой радиоэлектронной аппаратуры космического аппарата» Заболоцкого Александра Михайловича рекомендуется к защите на соискание ученой степени доктора технических наук по специальностям 05.12.04 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения» и 05.12.07 – «Антенны, СВЧ устройства и их технологии».

Заключение принято на заседании кафедры ТУ.

Присутствовало на заседании 22 чел. Результаты голосования: «за» – 22 чел., «против» – 0 чел., «воздержалось» – 0 чел., протокол № 1 от 26 февраля 2016 г.

Председатель,
к.т.н., доцент кафедры ТУ

 М.И. Курячий

Секретарь,
к.т.н., доцент кафедры ТУ

 С.П. Куксенко