

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.415.02, СОЗДАННОГО  
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ТОМСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ  
И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР) МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РФ ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ  
КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 07.12.2023 № 10

О присуждении Квасникову Алексею Андреевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Модели, алгоритмы и комплекс программ для моделирования многопроводных линий передачи, антенн и экранов с использованием численных и аналитических методов» по специальности 1.2.2 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, принята к защите 21 сентября 2023 г. (протокол № 7) диссертационным советом 24.2.415.02, созданным на базе ТУСУРа; (адрес 634050, г. Томск, пр. Ленина, 40, приказ № 561/нк от 03.06.2021).

Соискатель Квасников Алексей Андреевич, 15 сентября 1995 года рождения, в 2019 году окончил ТУСУР. В 2023 году окончил аспирантуру ТУСУРа. В настоящее время соискатель работает ассистентом на кафедре телевидения и управления (ТУ) ТУСУРа.

Диссертация выполнена на кафедре ТУ ТУСУРа.

Научный руководитель – д-р техн. наук доцент **Куксенко Сергей Петрович**, профессор каф. ТУ ТУСУРа.

Официальные оппоненты – **Дмитренко Анатолий Григорьевич**, д-р физ.-мат. наук, проф., профессор каф. прикладной математики Института прикладной математики и компьютерных наук Национального исследовательского Томского государственного университета; **Полянский Иван Сергеевич**, д-р физ.-мат. наук, доцент, профессор каф. систем радиосвязи Академии Федеральной службы охраны РФ, г. Орел – дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – **Воронежский государственный технический университет (ВГТУ)**, в своем **положительном отзыве**, подписанном д-ром техн. наук, профессором каф. конструирования и производства радиоаппаратуры Ромашенко М.А. и утвержденном проректором по науке и инновациям, д-ром техн. наук Башкировым А.В., указала, что диссертационная работа «Модели, алгоритмы и комплекс программ для моделирования многопроводных линий передачи, антенн и экранов с использованием численных и аналитических методов» является законченной научно-квалификационной работой на актуальную тему по специальности 1.2.2 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ». Полученные результаты являются новыми и отвечают критериям научной и практической значимости. Диссертация соответствует критериям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утверждённого постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 №842 (ред. от 28.08.2017), а Квасников Алексей Андреевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.2.2 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Соискатель имеет по теме диссертации 47 опубликованных работы, в т.ч. 8 работ в изданиях из перечня ВАК, 10 работ в изданиях, индексируемых в WoS и Scopus, 20 докладов в трудах конференций, 8 свидетельств о регистрации программ для ЭВМ и 1 патент на изобретение. Недостоверные сведения об опубликованных работах в диссертации отсутствуют.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Система компьютерного моделирования антенн методом моментов / **А.А. Квасников** [и др.] // Системы управления, связи и безопасности. – 2022. – №1. – С. 49–66.

2. On modeling antennas using MoM-based algorithms: wire-grid versus surface triangulation / A. Alhaj Hasan, **A.A. Kvasnikov** [et al] // Algorithms. – 2023. – Vol. 16(4), no. 200. – 60 p.

3. Generalized Algorithm Based on Equivalent Circuits for Shielding Effectiveness Evaluation of Electronic Equipment Enclosures / A.A. Ivanov, **A.A. Kvasnikov**

[et al] // Algorithms. – 2023. – Vol. 16(6), no. 294. – 25 p.

4. On Wire-Grid Representation for Modeling Symmetrical Antenna Elements / A. Alhaj Hasan, D.V. Klyukin, A.A. Kvasnikov [et al] // Symmetry. – 2022. – Vol. 14(7), no. 1354. – 38 p.

5. **Квасников А.А.** Обзор экспертных систем по электромагнитной совместимости технических средств / **А.А. Квасников**, С.П. Куксенко // Доклады ТУСУР. – 2021. – № 4. – С. 7–18.

**На автореферат** поступило 7 отзывов: от **Горбачева А.П.**, д-ра техн. наук, профессора каф. радиоприемных и радиопередающих устройств Новосибирского государственного технического университета; **Гизатуллина З.М.**, д-ра техн. наук, профессора каф. систем автоматизированного проектирования Казанского национального исследовательского технического университета им. А.Н. Туполева; **Зенковой Ж.Н.**, канд. физ.-мат. наук, доцента кафедры системного анализа и математического моделирования Национального исследовательского Томского государственного университета; **Колесниченко С.В.**, д-ра техн. наук, зав. каф. математического моделирования и прикладной информатики Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова, г. Санкт-Петербург; **Тулиной М.И.**, канд. физ.-мат. наук, доцента кафедры математики, физики и информатики Горно-Алтайского государственного университета; **Таджигитова А.А.**, канд. физ.-мат. наук, зав. каф. математики и информатики Северо-Казахстанского университета им. М. Козыбаева; **Лаповка А.Я.**, канд. техн. наук, доцента кафедры гидрофизических средств поиска Санкт-Петербургского государственного морского технического университета. **Все отзывы положительные.**

В отзывах на диссертацию и автореферат указаны следующие основные замечания: не приведены технические характеристики ЭВМ, которая использовалась для проведения исследований; не описан детально формат передаваемых данных разработанного комплекса программ; отсутствуют математические постановки исследуемых дифракционных задач в систематизированном виде; отсутствуют результаты исследования издержек применения сформированных

моделей вычисления матрицы погонных сопротивлений многопроводной линии передачи и распределения плотности заряда на сегментах при их анализе; требует уточнение содержание третьего положения, выносимого на защиту; не ясно, рассматривались ли иные стандарты и средства параллельного программирования помимо OpenMP; не до конца ясно, за счет чего удалось снизить сложность построения расчетной сетки типовых антенн.

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что д-р физ.-мат. наук **Дмитренко А.Г** является признанным специалистом в области математического моделирования и численных методов решения задач электромагнитного рассеяния на различных структурах; д-р физ.-мат. наук **Полянский И.С.** является специалистом в области математического моделирования элементов радиоэлектронных средств. Оппоненты имеют публикации в данной области и способны объективно оценить работу.

Выбор **Воронежского государственного технического университета** в качестве ведущей организации обоснован тем, что сотрудниками университета проводятся научные исследования высокого уровня в области математического моделирования элементов радиоэлектронных средств и обеспечения их электромагнитной совместимости. Высокий уровень квалификации сотрудников подтверждается научными публикациями в отечественных и зарубежных изданиях.

Официальные оппоненты и сотрудники ведущей организации имеют достаточный объем публикаций по тематике диссертации в ведущих изданиях и способны аргументировано оценить и обосновать научную и практическую значимость диссертационной работы.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований предложены:**

– математическая модель для вычисления матрицы погонных сопротивлений многопроводной линии передачи, отличающаяся комбинированным использованием аналитических выражений и правила дифференциальной индуктивности;

– модифицированная математическая модель для вычисления распределения токов по поверхности антенны, отличающаяся использованием треугольной проводной сетки с тонкопроволочной аппроксимацией;

– численный метод формирования расчетной сетки при моделировании антенн, отличающийся перестроением уникальных ребер совокупности треугольников, удовлетворяющих критерию Делоне;

**разработан** комплекс программ, отличающийся реализацией оригинального алгоритмического обеспечения для моделирования многопроводных линий передачи, антенн и экранов и наличием модуля для взаимодействия между его элементами с использованием интеграции библиотеки вычислительной геометрии и измененным форматом передаваемых данных.

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**

**применительно** к квазистатическому и электродинамическому анализу многопроводных линий передачи, антенн и экранов **результативно использован** комплекс численных (метод моментов, триангуляция Делоне) и аналитических (на основе эквивалентных электрических схем) методов;

**изложены** основные идеи метода аппроксимации проводящих поверхностей моделируемого объекта тонкими проводами, на основе совокупности уникальных ребер треугольников, полученных триангуляцией Делоне.

**проведена** модернизация: модели многопроводной линии передачи и метода построения ее расчетной сетки с уменьшенными вычислительными затратами за счет учета частотной зависимости погонных сопротивлений и распределения плотности заряда на сегментах ее границ; модели антенны, используя описание ее поверхности совокупностью тонких проводов; модели экрана за счет реализации расчета трехмерной картины эффективности экранирования.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:**

– результаты разработки программного обеспечения и его прототип, состоящий из базы данных кондуктивных помеховых сигналов и модулей локализации превышения допустимых уровней сигналов, поддержки принятия

решений и оценки эффективности экранирования, **внедрены** в АО «РЕШЕТНЁВ» и использованы при разработке изделия 751ВМ и прототипа аппаратно-программного комплекса для синтеза и испытаний оптимальной сети высоковольтного электропитания космических аппаратов;

– разработанные математическое обеспечение и программные модули на основе проводно-сеточной аппроксимации и аппроксимации поверхности треугольниками **внедрены** в ООО «НПК «ТЕСАРТ» и использованы для расчета антенных элементов методом моментов;

– программа для расчета эффективности экранирования, база данных кондуктивных помеховых сигналов, программные модули моделирования антенн **внедрены** в учебный процесс радиотехнического факультета ТУСУРа и использованы для обучения студентов бакалавриата и магистратуры (11.03.01 – «Радиотехника», 11.03.02 – «Инфокоммуникационные технологии и системы связи») при изучении дисциплин «Электромагнитная совместимость радиоэлектронных систем», «Модальные фильтры» в рамках освоения компетенции ПКР-3 (Способен выполнять расчет и проектирование деталей, узлов и устройств радиотехнических систем в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования) при выполнении лабораторных и практических работ, а также прохождении научно-производственной практики.

#### **Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

– математические модели построены на основе известной теории линий передачи и антенн;

– корректность результатов подтверждена тестированием и верификацией разработанных моделей, алгоритмов и комплекса программ, согласованностью с опубликованными данными и результатами из коммерческих систем моделирования, а также их применением на практике.

**Личный вклад соискателя состоит** в разработке математического, информационного и программного обеспечения для моделирования многопроводных линий передачи, антенн и экранов.

**В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:**

1. Не приведены особенности использованной модели представления знаний, лежащей в основе разработанной экспертной системы, и не выделены различия в реализованных базах правил и знаний.

2. Из доклада неясно какие конкретно из предложенных математических моделей позволяют учесть влияние электромагнитных помех и за счет чего.

3. Полученные результаты математического моделирования не сравнены с данными натуральных экспериментов.

4. Имеются неточности в математических выражениях применительно к расчету матрицы погонных сопротивлений.

5. В докладе недостаточно отражены полученные результаты в части моделирования экранов.

Соискатель Квасников А.А. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию:

1. При разработке элементов экспертной системы использована продукционная модель представления знаний. База правил содержит набор логических правил, определяющих логику принятия решений экспертной системой. Эти правила представлены в форме «Если – то». Часть правил программно реализована непосредственно в вычислительных модулях системы, часть (применительно к синтаксическому анализатору программного кода) хранится в базе знаний.

2. В ходе диссертационного исследования разработана модель оценки уязвимости электрических цепей радиоэлектронных средств к воздействиям помеховых сигналов. Модель основана на расчете временного отклика отрезков линий передачи на воздействие серии сигналов и последующем применении к ним  $N$ -норм, для оценки изменений, вызванных воздействием этих сигналов.

3. Соискатель согласился с замечаниями 3–5, они будут учтены при дальнейшей работе.

На заседании 7 декабря 2023 г. диссертационный совет принял следующее заключение: за решение научно-технической задачи разработки программного и математического обеспечения для моделирования многопроводных линий передачи, антенн и экранов присудить Квасникову Алексею Андреевичу ученую степень кандидата технических наук по специальности 1.2.2 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве **16** человек, из них **8** докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из **20** человек, входящих в состав совета, проголосовали: за **15**, против **1**, недействительных бюллетеней **0**.

Председатель  
диссертационного совета



Шурыгин Юрий Алексеевич

Ученый секретарь  
диссертационного совета

Зайченко Татьяна Николаевна

8 декабря 2023 г.