

ЗАКЛЮЧЕНИЕ
ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.417.03, СОЗДАННОГО
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ТУЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 4 марта 2025 года № 1

О присуждении ПЕСТИНУ Максиму Сергеевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Методы и алгоритмы взаимодействия программного обеспечения узлов беспроводных децентрализованных сетей передачи данных при решении задач маршрутизации» по специальности 2.3.5. Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей принята к защите 24 декабря 2024 года (протокол заседания № 17) диссертационным советом 24.2.417.03, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тульский государственный университет» Минобрнауки России (300012, г. Тула, пр. Ленина, д. 92), приказ о создании диссертационного совета №384/нк от 29 июля 2013 года.

Соискатель Пестин Максим Сергеевич, 01 декабря 1996 года рождения. В 2020 году соискатель окончил с отличием магистратуру ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет». В 2024 году окончил очную аспирантуру ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет». Работает ассистентом на кафедре вычислительной техники.

Диссертация выполнена на кафедре вычислительной техники ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет» Минобрнауки России.

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Новиков Александр Сергеевич, ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», кафедра вычислительной техники, доцент.

Официальные оппоненты:

ГАГАРИНА Лариса Геннадьевна, доктор технических наук, профессор, ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники» (г. Москва, г. Зеленоград), Институт системной и программной инженерии и информационных технологий, директор;

ВАТУТИН Эдуард Игоревич, доктор технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (г. Курск), кафедра вычислительной техники, профессор

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина», г. Рязань – в своем положительном отзыве, подписанном заведующим кафедрой «Систем автоматизированного

проектирования вычислительных средств», заслуженным деятелем науки и техники РФ, д.т.н., профессором Корячко В.П. и утвержденном проректором по научной работе и инновациям д.т.н., доцентом Гусевым С.И., указала, что диссертация Пестина М.С. является завершённой научно-квалификационной работой, в которой содержится решение актуальной научной задачи повышения эффективности передачи данных в беспроводных децентрализованных сетях за счет создания новых методов и алгоритмов взаимодействия сетевого программного обеспечения. Диссертация выполнена на высоком уровне, ее результаты являются достоверными и обоснованными. Содержание и положения работы соответствуют паспорту научной специальности 2.3.5. Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей, а именно пункту 3 «Модели, методы, архитектуры, алгоритмы, языки и программные инструменты организации взаимодействия программ и программных систем».

Представленная работа соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям «Положением о присуждении ученых степеней» (постановление правительства № 842 от 24.09.2013 г.), а ее автор Пестин Максим Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.3.5. Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей.

Соискатель опубликовал 21 работу по теме диссертации, из них 9 статей – в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК для публикации результатов диссертационного исследования (4 – К1, 5 – К2), 3 статьи в изданиях, индексируемых в международных наукометрических базах Scopus и Web of Science, 9 публикаций в журналах и материалах конференций, индексируемых РИНЦ. Получено 4 свидетельства РФ о регистрации программы для ЭВМ. Общий объем публикаций – 18,2 п.л., авторский вклад – 14,8 п.л.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. **Pestin M.S., Novikov A.S.** Protocol for Multipath Routing of Traffic in Wireless Ad-Hoc Networks Based on the Status of Channels and Network Nodes // 2022 International Russian Automation Conference (RusAutoCon), Proceeding. 2022. С. 553-558. DOI: 10.1109/RusAutoCon54946.2022.9896315. (Scopus)

2. **Пестин М.С., Новиков А. С.** Программное обеспечение для маршрутизации трафика в беспроводных децентрализованных сетях связи // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2022663502 от 15.07.2022. Заявка № 2022662775 от 06.07.2022.

3. **Пестин М.С.** Методы машинного обучения в задачах построения маршрутов связи в беспроводных ad-hoc сетях передачи данных // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2022. № 8. С. 121-127. DOI: 10.24412/2071-6168-2022-8-121-128. (ВАК К2)

4. **Ивутин А.Н., Новиков А.С., Пестин М.С., Волошко А.Г.** Децентрализованный протокол организации устойчивого взаимодействия абонентов в сетях с высокой динамикой изменения топологии // Информатика и автоматизация, Санкт-Петербург. 2024. Том. 23. №3. С. 727-765. DOI: 10.15622/ia.23.3.4. (ВАК К1)

5. **Новиков А.С., Ивутин А.Н., Пестин М.С.** Алгоритм маршрутизации для обеспечения быстрого восстановления связи при обрывах маршрутов в сетях MANET // Системы управления, связи и безопасности. 2024. № 2. С. 14-42. DOI: 10.24412/2410-9916-2024-2-014-042. (ВАК К1)

6. **Пестин М.С., Новиков А.С.** Взаимодействие абонентов MANET при установлении и поддержании соединения абонентов с сетью // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2024. № 1. С. 164-170. (ВАК К2)

В диссертации отсутствуют достоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах.

На автореферат диссертации поступило 5 отзывов. Все отзывы положительные, в них отмечается актуальность, научная новизна, практическая значимость работы. Отзывы поступили из следующих организаций:

1. ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», г. Москва, с замечаниями:

– в описании содержания первой главы диссертации не указано, какие именно особенности проактивных методов взаимодействия программных систем автор использует для снижения объёмов служебного трафика;

– из автореферата не ясно, начиная с какого количества узлов сети целесообразно применять разработанные методы и алгоритмы;

– отсутствует описание форматов сообщений предложенного протокола маршрутизации.

2. ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет», г. Брянск, с замечаниями:

– в автореферате следовало бы привести более подробное описание созданного на основе предложенных методов и алгоритмов протокола маршрутизации между узлами беспроводных децентрализованных сетей связи;

– из текста автореферата остается неясным, проводилось ли сравнение метода градиентного бустинга деревьев решений, применяемого автором для прогнозирования обобщенной маршрутной метрики и весов найденных маршрутов, с другими подходами, например, основанными на нейронных сетях.

3. ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», г. Санкт-Петербург, с замечаниями:

– из автореферата неясно, в чем заключаются основные преимущества созданной автором утилиты для экспериментального исследования разработанных методов и алгоритмов взаимодействия сетевого ПО по сравнению с уже существующими программными системами моделирования протекающих в сетях процессов и/или проверки корректности сетевых протоколов;

– не совсем понятно существует ли возможность совместного применения разработанных в диссертации подходов взаимодействия сетевого программного обеспечения со стандартными схемами маршрутизации в беспроводных децентрализованных сетях?

4. ФГБОУ ВО «Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого», г. Тула, с замечаниями:

– рассмотрена архитектура программной службы сетевой маршрутизации, позволяющая интегрировать предложенные в работе методы и алгоритмы, и описан её прототип, однако не указано, насколько он в настоящее время готов для практического применения;

– в автореферате отсутствует детальное описание алгоритма взаимодействия программного обеспечения сетевой маршрутизации при установлении соединения отдельных мобильных узлов с сетью.

5. АО «Центральное конструкторское бюро аппаратостроения», г. Тула, с замечанием:

не указано, по какой причине для вычисления обобщённой маршрутной метрики используется модель градиентного бустинга деревьев решений, не проанализированы альтернативные маршрутные метрики, не представлены технические требования к устройствам передачи данных, обеспечивающие функционирование предложенных методов и алгоритмов взаимодействия сетевого программного обеспечения, а также вопросы обеспечения безопасного взаимодействия между узлами сети.

На замечания соискателем даны исчерпывающие ответы и пояснения.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетентностью в рассматриваемой отрасли наук, наличием публикаций в соответствующей сфере исследований и способностью определить научную и практическую ценность диссертации, а также отсутствием совместных печатных работ и публикаций. Согласие на оппонирование диссертации от ведущей организации и оппонентов имеется.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

1. Разработаны методы и алгоритмы взаимодействия программного обеспечения сетевой маршрутизации узлов беспроводных децентрализованных сетей для обнаружения, восстановления маршрутов связи, обеспечивающих повышение эффективности передачи данных по сети, а также разработан метод балансировки потоков данных в децентрализованных сетях по квазипараллельным маршрутам, который позволяет снизить сквозную задержку доставки сообщений.

2. Разработан метод оценки маршрутов, который используется при взаимодействии между программным обеспечением сетевой маршрутизации отдельных узлов при формировании путей передачи информации и позволяет снизить объемы служебного трафика между отдельными узлами.

3. Разработано программное средство для исследования взаимодействия программного обеспечения сетевой маршрутизации в децентрализованных сетях передачи данных с высокой динамикой изменения топологии сети.

4. Разработана архитектура программного обеспечения сетевой маршрутизации, обеспечивающей интеграцию предложенных методов и алгоритмов в рамках комплексного решения. Создано программное обеспечение сетевой маршрутизации на основе протокола связи с использованием программного средства.

5. Проведена экспериментальная проверка, получено подтверждение эффективности разработанных методов и алгоритмов взаимодействия программного обеспечения сетевой маршрутизации трафика и выполнено их сравнение со стандартными технологиями на типовых сценариях функционирования беспроводных децентрализованных сетей.

Диссертация обладает следующей научной новизной:

1. Предложены методы и алгоритмы взаимодействия программного обеспечения сетевой маршрутизации при построении и восстановлении маршрутов связи в децентрализованных сетях передачи данных, которые отличаются от существующих решений совмещением реактивной и проактивной схем обмена сообщениями, совместным использованием адресных и широкополосных информационных ответов, что позволяет повысить значение коэффициента доставки сетевых пакетов и уменьшить сквозную задержку при их передаче по найденным маршрутам, а также обеспечивает возможность построения и поддержки квазипараллельных путей передачи трафика.

2. Предложен метод оценки маршрутов передачи данных, формируемых в процессе взаимодействия программного обеспечения сетевых узлов, отличающийся от стандартных решений возможностью динамической фильтрации и упорядочивания информационных сообщений на промежуточных узлах сети, что позволяет повысить эффективность функционирования децентрализованных сетей передачи данных за счет снижения суммарного объема служебного трафика между программным обеспечением сетевой маршрутизации отдельных абонентов.

3. Предложен метод балансировки потоков данных в беспроводных децентрализованных сетях, позволяющий снизить сквозную задержку доставки сообщений и отличающийся децентрализованным взаимодействием сетевых узлов при распределении пакетов трафика по квазипараллельным маршрутам с учетом значений их динамических метрик, собираемых при информационном обмене между программным обеспечением сетевой маршрутизации.

Практической значимостью обладают следующие результаты:

1. Разработано программное средство, которое позволяет проводить моделирование процессов функционирования сети в различных сценариях работы и предоставляет возможность исследовать, отлаживать и выполнять оценку предложенных методов и алгоритмов взаимодействия сетевого программного обеспечения узлов децентрализованных сетей передачи данных.

2. Предложена архитектура программного обеспечения сетевой маршрутизации отдельных узлов беспроводных децентрализованных сетей, обеспечивающая интеграцию разработанных методов и алгоритмов взаимодействия ПО в рамках комплексного решения и их применение на практике.

3. Предложенные в диссертации методы и алгоритмы реализованы в виде протокола связи, на основе которого созданы программные модули для выполнения процедур сетевой маршрутизации, функционирующие в рамках разработанного программного средства.

Результаты диссертационной работы внедрены в деятельность ООО «Дипвью Групп», ООО «АДВЕРТ-ПРО», а также в учебный процесс кафедры «Вычислительная техника» ФГБОУ ВО ТулГУ при изучении дисциплин «Сетевое программирование», «Проектирование и тестирование программного обеспечения», «Сетевое программирование и протоколы передачи данных», что подтверждено соответствующими актами.

Достоверность результатов исследования подтверждается согласованностью теоретических и экспериментальных результатов диссертационной работы, использованием современных методов исследований, наличием актов о внедрении, использованием результатов в НИР.

Личный вклад автора заключается в получении им всех основных результатов работы, разработке способов решения задач диссертации, выполнении основного объема исследований при разработке методов и алгоритмов взаимодействия программного обеспечения сетевой маршрутизации мобильных узлов для решения задач маршрутизации в децентрализованных сетях передачи данных, создании программного обеспечения для исследования разработанных методов и алгоритмов и проведении их экспериментальной проверки.

В ходе защиты диссертации были высказаны критические замечания. Соискатель Пестин М.С. ответил на задаваемые ему вопросы и привел убедительную аргументацию.

На заседании 4 марта 2025 года диссертационный совет принял решение: за решение актуальной научной задачи разработки и исследования новых методов и алгоритмов взаимодействия программного обеспечения маршрутизации трафика в беспроводных децентрализованных сетях для организации передачи данных между мобильными узлами в условиях отсутствия централизованной инфраструктуры, соответствующей специальности 2.3.5. Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей, а также критериям п.п. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», присудить Пестину Максиму Сергеевичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 5 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, проголосовал: за – 15, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

**Председатель
диссертационного совета**

**Ученый секретарь
диссертационного совета**

4 марта 2025 года



**Минаков
Евгений Иванович**

**Маслова
Анна Александровна**