

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.077.05

на базе федерального государственного бюджетного учреждения науки  
Института проблем передачи информации им. А. А. Харкевича Российской  
академии наук по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета

от «23» января 2017 года, протокол № 21

О присуждении Некрасову Павлу Олеговичу ученой степени кандидата  
технических наук.

Диссертация «Разработка и анализ механизмов самоорганизации, направленных на обеспечение качества обслуживания, в мобильных одноранговых сетях» по специальности 05.12.13 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций (технические науки), принята к защите 13 октября 2016 года, протокол № 16, диссертационным советом Д 002.077.05 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем передачи информации им. А. А. Харкевича Российской академии наук (127051, Москва, Б. Каретный пер., 19, строение 1, приказ о создании диссертационного совета от «10» июля 2015 года № 784/нк).

Соискатель Некрасов Павел Олегович, гражданин Российской Федерации 1990 года рождения, в 2013 году окончил с отличием Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский физико-технический институт (государственный университет)» (далее МФТИ), с 01.09.2013 по 01.09.2017 обучается в аспирантуре МФТИ, работает научным сотрудником отдела исследований Открытого акционерного общества «ГлобалИнформСервис».

Диссертация выполнена на базовой межфакультетской Кафедре проблем передачи информации и анализа данных МФТИ.

**Научный руководитель** – доктор технических наук, профессор Ляхов Андрей Игоревич, заведующий лабораторией № 18 - «Методы анализа и синтеза

сетевых протоколов» Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем передачи информации им. А.А. Харкевича Российской академии наук, профессор Кафедры проблем передачи информации и анализа данных МФТИ.

**Официальные оппоненты:**

1. Степанов Сергей Николаевич, гражданин РФ, доктор технических наук, и.о. заведующего кафедрой «Сети связи и системы коммутации» Ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики» (МТУСИ);
2. Гайдамака Юлия Васильевна, гражданка РФ, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры прикладной информатики и теории вероятностей Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов» (РУДН);

дали положительные отзывы о диссертации.

**Ведущая организация** – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения (ГУАП), г. Санкт-Петербург, в своем *положительном* заключении, подписанном заведующим кафедрой №52 Инфокоммуникационных систем, доктором технических наук, доцентом Тюрликовым Андреем Михайловичем и заместителем заведующего кафедрой №51 Безопасности информационных систем, кандидатом технических наук, доцентом Овчинниковым Андреем Анатольевичем и утвержденном ректором ГУАП, доктором экономических наук, доцентом Антохиной Юлией Анатольевной, указала, что результаты работы рекомендуется использовать в НИР и НИОКР, направленных на разработку новых систем беспроводной связи, а также в научно-практической и педагогической работе в организациях, занимающихся исследованиями и разработкой в области телекоммуникаций. Отзыв заслушан и одобрен на совместном заседании кафедр

№51 Безопасности информационных систем и №52 Инфокоммуникационных систем ГУАП «10» ноября 2016 года, протокол № 4.

Основное содержание диссертации своевременно и полностью опубликовано в 8 печатных работах, из них 5 статей в рецензируемых изданиях, входящих в перечень ведущих научных журналов и изданий, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией для опубликования результатов диссертаций, и 3 статьи в сборниках трудов конференций. Общий объем публикаций по теме – 85 страниц. Основные положения диссертации полностью соответствуют опубликованным ранее статьям. В опубликованных работах диссертантом были разработаны аналитические и имитационные модели для анализа механизмов самоорганизации в мобильных одноранговых сетях, а также предложены новые механизмы самоорганизации, направленные на обеспечение качества обслуживания. Вклад соавторов заключался в проведении сравнительного анализа предложенных диссертантом механизмов и существующих решений с помощью разработанных диссертантом средств моделирования.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. П.О. Некрасов, Д.Н. Фахриев. Рассылка сетевой информации в узкополосных самоорганизующихся сетях // Автоматика и телемеханика, 2015, № 4, С. 105–124. Издательство: Академиздатцентр «Наука» РАН. Включен в список ВАК, переводная версия индексируется в Web of Science, Scopus, DOI:10.1134/S0005117915040086.
2. Nekrasov P., Fakhriev D. Transmission of real-time traffic in TDMA multi-hop wireless ad-hoc networks // Proc. of IEEE International Conference on Communications (ICC), 2015. — June. pp. 6469–6474. Издательство: IEEE. Индексируется в Scopus, DOI: 10.1109/ICC.2015.7249355.
3. Nekrasov P., Fakhriev D. LG-CDS: Local group connected dominating set for multicasting in MANETs // Proc. of International Conference on Computing, Networking and Communications (ICNC), 2015. — Feb. Pp. 791–795. Издательство: IEEE. Индексируется в Scopus, DOI: 10.1109/ICNC.2015.7069447.

На диссертацию и автореферат поступило 6 отзывов, включая отзывы официальных оппонентов и ведущей организации. Все отзывы положительные. В

отзывах указывается, что материал диссертации изложен на высоком научно-техническом уровне и представляет собой законченную научно-техническую работу. Диссертационная работа содержит достаточную научную новизну, теоретическую и практическую ценность и соответствует специальности 05.12.13 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций по техническим наукам. В целом диссертация и автореферат удовлетворяют требованиям положения о присуждении учёных степеней, утверждённого постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г., №842.

В отзыве **ведущей организации** имеются следующие замечания. Во второй главе предложен критерий эффективности рассылки сетевой информации – «степень актуальности» (см. стр. 37 текста диссертации), при этом недостаточно явно описана его актуальность для одноранговых сетей. В первом положении, выносимом на защиту, отмечается – «разработана новая аналитическая модель для оценки эффективности механизма инкрементальной рассылки сетевой информации в узкополосной мобильной одно ранговой сети со случайным доступом к каналу». Как следует из текста диссертации, проверка данной модели проводилась с помощью имитационного моделирования и было получено незначительное различие результатов расчета по аналитической модели и результатов имитационного моделирования. При имитационном моделировании определенным образом задавались моменты времени изменения структуры сети. Как недостаток следует отметить тот факт, что в диссертации не рассматривается вопрос о том, как повлияет вид распределения интервалов между моментами времени изменения структуры сети на точность аналитической модели. Во втором положении предложен алгоритм выбора слотов для многошаговой передачи одноадресных речевых потоков в широкополосной мобильной одноранговой сети, позволяющий обеспечить выигрыш по емкости сети до 30 % по сравнению с базовыми алгоритмами. При этом, приведенный в тексте диссертации выбор базовых алгоритмов недостаточно обоснован. В отдельных частях автореферата сложно разобраться без текста диссертации. Например, в формуле 2 текста автореферата фигурируют величины  $p_j$  (с одним индексом) и  $H$ , обозначения которых в тексте автореферата нигде не раскрываются. При описании второй главы в автореферате отсутствует описание условий имитационного моделирования, которое использовалось для оценки точности аналитической

модели, тем самым затрудняя понимание незначительного расхождения результатов, полученных аналитически и имитационно (см. рис 1).

В отзыве официального оппонента **Степанова Сергея Николаевича**, в качестве замечаний отмечено следующее. В первой главе описание алгоритмов выбора ретрансляторов для многоадресных данных ограничивается лишь алгоритмами построения связного доминирующего множества, и складывается ощущение, что это единственные алгоритмы для выбора ретрансляторов. Во второй главе автор явно не указывает в чем, с точки зрения предположений, отличие имитационной модели, используемой для проверки корректности аналитической модели, от построенной аналитической модели. В третьей главе автор рассматривает различные значения ограничения на задержку при получении результатов экспериментов, однако ограничение на вероятность потери не варьируется. В четвертой главе сравнение эффективности предложенного алгоритма проводится только с алгоритмом построения связного доминирующего множества, при этом другие известные в литературе решения, например, протокол ODMRP, не были рассмотрены. Имеется несколько замечаний редакционного характера. Так представляется целесообразным несколько сократить содержание первой главы, перенося часть материалов, содержащих описание механизмов доступа к каналу и протоколов маршрутизации в приложение, и в тоже время расширить довольно лаконичное изложение предположений и результатов аналитического исследования построенных моделей.

В отзыве официального оппонента **Гайдамака Юлии Васильевны**, в качестве замечаний отмечено следующее. В диссертации и автореферате используются термины «узкополосный» (narrowband), напр., «узкополосная сеть» в главе 2 на стр. 33 диссертации, «узкополосный радиоканал» на стр. 6 автореферата. Этот термин может применяться в различных значениях, напр., «узкополосная цифровая сеть с интеграцией служб» или «узкополосный интернет вещей». Необходимо чётко определить понятия «узкополосный» и «широкополосный» в рамках диссертационной работы. Также требует уточнения понятие «речевой поток» в главе 3, стр. 52-75. В разделе 2.3.1 диссертации и в автореферате при разработке критерия эффективности рассылки сетевой информации требуется строгое описание предположений, при которых строится

вероятностная модель, в частности, предположений о взаимной независимости четырех событий, описанных на стр. 37 диссертационной работы. В разделе 2.3.2 диссертации при описании результатов численного эксперимента по имитационному моделированию для проверки достоверности построенной в разделе 2.3.1 аналитической модели неясны приложения, для которых взяты исходные данные 500, 1500, 4500 с в табл. 2.2 на стр. 47. В диссертационной работе отсутствует список сокращений и список обозначений, которые упростили бы прочтение работы. В диссертации и автореферате встречаются опечатки.

В отзыве на автореферат **Родионова Алексея Сергеевича**, заведующего лабораторией Моделирования динамических процессов в информационных сетях Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения Российской академии наук, доктора технических наук, в качестве замечаний указано следующее. Отсутствует обоснование ключевого предположения о независимости событий, перечисленных в пп. 1-4 на стр. 9 и 10. Также необоснованным выглядит предположение о равной вероятности успешной передачи пакета всеми узлами сети на стр. 10, что порождает сомнение в практической применимости результирующих формул, хотя они и могут использоваться для оценки худшего и лучшего вариантов, когда вероятность приравнивается минимальной или максимальной возможной в рассматриваемой сети.

В отзыве на автореферат **Бойко Павла Юрьевича**, генерального директора Общества с ограниченной ответственностью «Телум», кандидата физико-математических наук, в качестве замечания указано следующее. Исследования алгоритмов управления мобильными одноранговыми сетями затрудняет большое количество параметров, описывающих условия работы сети, таких как количество узлов, мощности передатчиков, траектории узлов сети, паттерны пользовательского трафика и т.п. Как следствие, большинство работ по теме ограничивается относительно узким и достаточно произвольным классом «реалистичных» (с точки зрения авторов) сценариев, для которых выполняется анализ эффективности разработанных алгоритмов и сравнение с аналогами. В итоге вопрос о границах применимости разработанных решений зачастую

остаётся открытым. Не лишена данного недостатка и рассматриваемая работа, особенно для тех алгоритмов, для которых автор не смог предложить достаточно точную аналитическую модель.

В отзыве на автореферат **Черныша Александра Викторовича**, начальника отдела цифровой обработки сигналов Открытого акционерного общества «ГлобалИнформСервис», кандидата технических наук, в качестве замечаний указано следующее. В автореферате присутствуют опечатки (например, стр. 10 – вбоненты). Из автореферата неясно как рассчитывается вероятность  $p_s$  успешной передачи сообщения (стр. 11).

**Выбор официальных оппонентов и ведущей организации** подтвержден их научными публикациями. Доктор технических наук Степанов Сергей Николаевич является авторитетным специалистом в области математической теории телетрафика мультисервисных сетей. Кандидат физико-математических наук Гайдамака Юлия Васильевна является специалистом в области одноранговых сетей и математической теории телетрафика мультисервисных сетей. Ведущая организация ГУАП широко известна своими достижениями в области алгоритмов конкурентного доступа к каналу для беспроводных сетей.

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

- **разработана** аналитическая модель механизма инкрементальной рассылки сетевой информации, позволяющая с достаточно высокой точностью оценить вероятность того, что каждый узел сети имеет актуальную информацию обо всех других сетевых узлах в узкополосной мобильной одноранговой сети со случайным доступом к каналу;
- **предложен** оригинальный алгоритм резервирования слотов для многошаговой передачи речевых потоков в широкополосной мобильной одноранговой сети с динамическим TDMA, гарантирующий выполнение ограничений на вероятность и задержку доставки пакета до адресата при наличии помех в канале, и при этом увеличивающий емкость сети до 30 % по сравнению с базовыми алгоритмами;
- **предложена** метрика маршрутизации для передачи речевых потоков в широкополосной мобильной одноранговой сети с динамическим TDMA,

увеличивающая емкость сети до 30 % по сравнению с метриками, известными в литературе;

- **предложен** новый распределенный алгоритм выбора ретрансляторов для передачи многоадресных данных, использующий лишь информацию о соседних узлах и соединениях между ними и позволяющий до 2,5 раз увеличить число одновременно передаваемых многоадресных потоков с высокой надежностью по сравнению с алгоритмом доставки многоадресных данных с помощью связного доминирующего множества, обеспечивая ту же устойчивость к мобильности узлов сети.

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

- **разработана** аналитическая модель механизмов рассылки сетевой информации в мобильных одноранговых сетях, позволяющая исследовать различные механизмы рассылки сетевой информации с точки зрения степени актуальности информации, предоставляемой сетевым узлам;
- **предложена** методика оценки верхней границы емкости широкополосной мобильной одноранговой сети с динамическим TDMA, нагруженной речевыми потоками.

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

- **использованы:**
  - алгоритм резервирования слотов для передачи речевых потоков с помощью динамического TDMA,
  - метрика маршрутизации для передачи речевых потоков с помощью динамического TDMA,
  - распределенный алгоритм выбора ретрансляторов для передачи многоадресных данных

в протоколах радиосвязи для широкополосных мобильных одноранговых сетей, разрабатываемых ОАО «ГлобалИнформСервис»,

- **разработана и внедрена** методика настройки механизма инкрементальной рассылки сетевой информации для узкополосных мобильных одноранговых сетей со случайным доступом к каналу, позволившая ЗАО «Телум»



существенно повысить эффективность рассылки сетевой информации в узкополосных мобильных одноранговых сетях.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила, что:**

- достоверность результатов обоснована применением известных математических методов, в частности, математического аппарата комбинаторики и теории вероятностей, а также подтверждением результатов с помощью современных средств имитационного моделирования,
- достоверность положений и выводов подтверждается апробацией работы на ведущих российских и международных конференциях, а также их публикацией в рецензируемых журналах.

**Личный вклад** соискателя состоит в самостоятельной разработке всех основных научных положений и выводов, составляющих содержание диссертации, разработке программной реализации предложенных алгоритмов, проведении имитационного моделирования. Теоретические и практические исследования, а также вытекающие из них выводы и рекомендации проведены и получены соискателем лично.

Диссертация охватывает основные вопросы поставленной научной задачи и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием последовательного плана исследования, непротиворечивой методологической платформы, основной идейной линии, концептуальности и взаимосвязи выводов. По своему содержанию диссертация отвечает паспорту специальности 05.12.13 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций.

Диссертационный совет пришёл к выводу о том, что диссертация представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, в которой решена актуальная задача разработки и анализа механизмов самоорганизации, направленных на обеспечение качества обслуживания, в мобильных одноранговых сетях. По актуальности, новизне, практической значимости диссертация соответствует требованиям, установленным «Положением о порядке присуждения ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2014 года № 842 (в редакции

постановления Правительства Российской Федерации от 21 апреля 2016 г. № 335), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук.

На заседании 23 января 2017 года диссертационный совет принял решение присудить Некрасову Павлу Олеговичу ученую степень кандидата технических наук по специальности 05.12.13 - Системы, сети и устройства телекоммуникаций.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 27 человек, из них 4 доктора наук по специальности и отрасли наук рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 35 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение учёной степени – 25, против присуждения учёной степени – 2, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель

диссертационного совета Д 002.077.05

Кулешов А.П.

Ученый секретарь

диссертационного совета Д 002.077.05

Цитович И.И.

23 января 2017 г.