

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 55.2.004.01,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ ИМ. ПРОФ. М.А. БОНЧ-БРУЕВИЧА»
МИНИСТЕРСТВА ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ, СВЯЗИ И МАССОВЫХ
КОММУНИКАЦИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ,
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 29 ноября 2023 г. № 17

О присуждении Редругиной Наталии Михайловне, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Модели и методы оценки характеристик телекоммуникационных комбинированных слабосвязанных услуг» по специальности 2.2.15. Системы, сети и устройства телекоммуникаций принята к защите 27 сентября 2023 года, протокол № 13 диссертационным советом 55.2.004.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича» Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации, 191186, Санкт-Петербург, наб. реки Мойки, д. 61, приказ № 258/нк от 27 марта 2019 года.

Соискатель Редругина Наталия Михайловна, 21 сентября 1997 года рождения, работает ассистентом в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича», Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации.

В 2020 году соискатель окончила Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича» с присвоением квалификации магистра по направлению подготовки

«Инфокоммуникационные технологии и системы связи». С 2020 по настоящее время является аспирантом Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича».

Диссертация выполнена на кафедре инфокоммуникационных систем Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича», Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации.

Научный руководитель – кандидат технических наук Зарубин Антон Александрович, основное место работы: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича», кафедра инфокоммуникационных систем, заведующий кафедрой.

Оппоненты: 1. Кучерявый Евгений Андреевич, доктор технических наук, доцент, основное место работы: федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Московский институт электроники и математики им. А.Н. Тихонова, профессор; 2. Маркелов Олег Александрович, кандидат технических наук, основное место работы: федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)», кафедра радиотехнических систем, доцент кафедры, дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», г. Санкт-Петербург, в своем положительном заключении, подписанном Дробинцевым Павлом Дмитриевичем, кандидатом технических наук, доцентом, директором Высшей школы

программной инженерии, утвержденном Фоминым Юрием Владимировичем, кандидатом физико-математических наук, доцентом, проректором по научной работе, указала, что диссертационное исследование является законченной научно-квалификационной работой, содержащей решение актуальной научной задачи по разработке моделей и методов их применения для оценки характеристик слабосвязанных услуг с целью повышения качества обслуживания и возможности принятия обоснованного решения, по управлению количественными показателями систем. Работа соответствует критериям, предъявляемым в отношении кандидатских/докторских диссертаций, которые установлены пп. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней (утв. Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842), а автор диссертационной работы Редругина Наталия Михайловна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.15. Системы, сети и устройства телекоммуникаций.

Соискатель имеет 14 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 10, из них в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК, – 4, в том числе 4 в изданиях, соответствующих искомой специальности, а также: 2 результата интеллектуальной деятельности; 4 статьи в других научных журналах, сборниках научных статей, трудов и материалах конференций. Из них 3 работы опубликовано соискателем без соавторства. Общий объем авторского вклада в работы (без результатов интеллектуальной собственности) составляет 4,11 печ.л. из общего количества 6,02 печ.л. Диссертация не содержит недостоверных сведений об опубликованных соискателем ученой степени работах.

Наиболее значительные научные работы по теме диссертации.

Публикации в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК:

1. Редругина Н.М. Метод вычисления временных характеристик обслуживания в сервисных платформах инфокоммуникационных транзакционных услуг с параллельной обработкой запросов // Труды учебных заведений связи. 2023. Т. 9. № 3. С. 82-90.

2. Редругина Н.М. Модели и методы вычисления задержек при предоставлении услуг пользователем на сервисных платформах сеансовых

инфокоммуникационных услуг // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2023. Т. 17. № 4. С. 32-38.

3. Redrugina N.M. A set of simulation models of workflow elements for transactional services of infocommunication systems // Computing, Telecommunications and Control. 2023. Т. 16. № 2. С. 29-39.

4. Редругина Н.М., Зарубин А.А. Моделирование игровых многопользовательских сервисов // Вестник связи. 2020. № 8. С. 11-16.

Результаты интеллектуальной деятельности:

5. Редругина Н.М., Зарубин А.А. Программный модуль для расчета качественных характеристик комбинированных инфокоммуникационных услуг, поддерживающих обслуживание пользовательских сессий и обработку системных транзакций в среде Anylogic. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2023663195, 20.06.2023. Заявка № 2023662354 от 14.06.2023.

6. Редругина Н.М., Зарубин А.А. Программный модуль для расчета характеристик систем параллельной обработки транзакций, разработанный в среде Anylogic. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2023618304, 21.04.2023. Заявка № 2023616789 от 07.04.2023.

Публикации в других изданиях:

7. Редругина Н.М., Бусаров Ю.О., Швидкий А.А. Анализ способов повышения качества обслуживания приложений электронной коммерции // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. X юбилейная международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. в 4-х т. СПб. : СПбГУТ, 2021. С. 131-135.

8. Редругина Н.М., Бусаров Ю.О., Шаненко Д.Е. Анализ результатов исследования игрового трафика и сценариев поведения в многопользовательских игровых сервисах // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. XII Международной научно-технической и научно-методической конференции: сб. науч. ст. в 4-х т. СПб.: СПбГУТ, 2023. С. 390-394.

9. Редругина Н.М., Зарубин А.А., Швидкий А.А. Эгоистичные распределительные алгоритмы как алгоритмы управления нагрузкой в РСХД // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании.

XI Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. в 4-х т. СПб.: СПбГУТ, 2022. С. 469-473.

10. Редругина Н.М., Алексеева Н.Н., Савельева А.А., Тарабанов И.Ф. Математическая модель записи информации на узлы распределенной системы хранения данных // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании (АПИНО 2022). XI Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. в 4-х т. СПб.: СПбГУТ, 2022. С. 65-70.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы: официального оппонента Кучерявого Е.А., официального оппонента Маркелова О.А., ведущей организации ФГАПОУ ВО СПбПУ; Бурановой М.А. д.т.н., доц., профессора кафедры информационной безопасности Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики; Корхова В.В., к.т.н., доцента кафедры компьютерного моделирования и многопроцессорных систем Санкт-Петербургского государственного университета; Костюковича А.Е., к.т.н., доцента кафедры инфокоммуникационных систем и сетей Сибирского государственного университета телекоммуникаций и информатики; Кузичкина А.В., д.т.н., проф., главного научного сотрудника АО «НИИ телевидения»; Мошкина В.С., к.т.н., доцента кафедры информационные системы Ульяновского государственного технического университета; Самуйлова К.Е., д.т.н., проф., заведующего кафедрой теории вероятностей и кибербезопасности Российского университета дружбы народов имени Патриса Лумумбы; Соколова Н.А. д.т.н., директора по науке ООО «ПРОТЕЙ СТ», Тонких Е.В., к.т.н., заместителя начальника отдела Научно-исследовательского института радио, Шестакова А.В., д.т.н., с.н.с., ведущего научного сотрудника центра организации научно-исследовательской и редакционной деятельности Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России.

Все отзывы положительные, но имеются следующие критические замечания. Достаточно поверхностно описаны принципы реализации услуг на микросервисной архитектуре. Следовало добавить соответствующие правила, ограничения на которые опираются при разработке микросервисной архитектуры услуг, а также описать возможность применения полученных методов и моделей

для оценки характеристик услуги, мигрирующей на микросервисную архитектуру. В недостаточной мере осуществлен анализ существующих проблем, связанных с качеством предоставляемых услуг, в частности связанных с временными характеристиками, особенно с учетом микросервисной архитектуры. Не обоснован выбор принципов классификации в разделе 1.4. В работе не в полной мере рассмотрены ограничения и условия реализации услуг, моделированию которых посвящена диссертация. Для понимания применимости моделей к различным сервисам, необходимо было бы добавить примеров реальных услуг, для которых применимы разработанные модели. В третьей главе автором не обоснован выбор спектрального решения интегрального уравнения Линдли для оценки функции распределения вероятности времени ожидания в системе массового обслуживания. В третьей главе автору следовало подробнее описать причины снижения значения ошибки, а не ссылаться на конкретное выражение (стр. 108). В работе не описана возможность применения полученного метода для оценки временных характеристик услуг построенных с использованием других архитектурных решений. В работе представлены основные типы рабочих процессов (рис. 3.1), сценарии взаимодействия потоков в СеМО (рис. 1.7) и математические модели для сценария наложения и ветвления поток запросов (рис. 3.9 и 3.10), однако результаты оценки характеристик услуг, основаны на последовательных сценариях реализации услуг. Достаточно ли предложенных математических моделей для оценки всех сценариев рабочих процессов? В работе в недостаточной степени отражена классификация используемых математических моделей для сеансовых и транзакционных услуг. Целесообразно использовать математический аппарат on/off для сеансовых событий и коррелированных потоков для транзакционных соответственно. Соискателем представлена структура диссертационной работы (рис 1.3) однако она носит описательный характер представленных результатов и не отражает специфику математического представления из которого не вытекает однозначность такого структурирования. Данная схема акцентирует на необходимости и возможности проведения математического и имитационного моделирования на всех этапах реализации. Для транзакционного сценария было

предложено использование модели СМО G/G/1 для систем с произвольными распределениями однако не произведён учет корреляционных связей, возникающей по причине согласованной пользовательской динамики в сетях такого рода. Данное ограничение требует рассмотрения полного вида функции распределения и оценки показателей качества по положениям ее квантилей. Выбор математического аппарата для аналитического описания схемы Fork-Join не очевиден. Известные альтернативные решения, основанные на использовании формулы полной вероятности, приводят к существенно более компактным решениями общего вида, представленных асимптотически степенными распределениями (частными случаями распределения Парето) для широкого класса входных параметров. Учитывая, что результаты имитационного моделирования приведены для СМО G/G/1, представляется целесообразным сравнение результатов моделирования с аналитическими расчетами согласно известных теоретическим приближениями, формулы Кингмана, Маршала, Лангенбаха Бельца и др. То, что автор называет научными положениями, таковыми не являются. Положение — это утверждение, допускающее впереди слова «Я утверждаю что» и дающие понимание новизны. В выводах по диссертации хотелось бы видеть больше численных показателей достижений автора в решении поставленных задач. Из целей и задач понятно, что на этапах моделирования использовалось как математическое, так и имитационное моделирование, однако в автореферате указана лишь одна имитационная модель комбинированной услуги на рис. 16. Нет понимания о том каким образом были получены результаты моделирования: с использованием данной модели, или с использованием комплекса моделей, описанного в одном из положений, выносимых на защиту. В автореферате не указаны используемые функции для моделирования последовательных систем произвольного типа. А также нет обоснования их выбора. На стр. 12 следовало бы отметить, что формулы (2) и (3) корректны при условии, что рассматриваются взаимно независимые случайные величины. Автор вывел формулу (4) как точное выражение. Зачем проверять его методом имитационного моделирования? В материалах автореферата не представлена в явном виде оценка достижимости цели исследования (с. 5) по

повышению эффективности проектирования и предоставления телекоммуникационных услуг. Отсутствует определение транзакционных и сеансовых услуг, а так же конкретизация выделенных в диссертационной работе услуг. Не приведено обоснование (оценки) необходимости применения (выбора) в диссертационном исследовании математического аппарата сетей Джексона (с. 10). В автореферате не указаны причины выбора математического и имитационного моделирования как основных средств оценки характеристик рассматриваемых услуг. В автореферате не показаны дальнейшие перспективы исследования по данной научной тематике. В автореферате не показана численная оценка точности математической модели рабочего процесса (рис. 8-9) В автореферате не показаны входные характеристики и используемые распределения для проведения моделирования результатом которого стали графики на рис. 11 и рис. 12. В качестве результата 5 в заключении указан обобщенный алгоритм реализации метода расчета вероятностно-временных характеристик комбинированных телекоммуникационных систем, которому уделено мало внимания в тексте автореферата. Недостаточно подробно объяснено и обосновано применение микросервисной архитектуры. Выбор математических инструментов, применимых в методах оценки временных характеристик, представляется недостаточно обоснованным. При наличии моделирования, как для сеансовых услуг, так и для транзакционных услуг, слабосвязанность услуг, подчеркивается только для транзакционных услуг, что не очевидно из введения данного понятия. Орфографические и грамматические ошибки, опечатки в тексте автореферата.

Выбор оппонентов и ведущей организации обосновывается на известности среди научных специалистов в соответствующей области науки. Определяющие критерии включают наличие последних научных публикаций в данной и смежных областях, а также способность к квалифицированной оценке актуальности, теоретической значимости и практической ценности представляемой диссертации. Д.т.н. Кучерявый Е.А. известен своими исследованиями и часто цитируемыми работами в сфере сетей 5G, наносетей, Интернета вещей (IoT) и области больших данных. К.т.н. Маркелов О.А. является специалистом в области анализа телекоммуникационных сетей, а также автором публикаций в области

разработки методов управления и моделирования сетевого трафика. Ведущая организация – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», подразделение высшей школы программной инженерии реализует научную деятельность по направлениям моделирования и анализа сложных систем в том числе с применением инструментов имитационного моделирования и натуральных экспериментов, передачи больших массивов данных, разработке программного обеспечения (Дробинцев П.Д., Молодяков С.А., Самочадин А.В., Сараджишвили С.Э., Никифоров И.В.).

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований поставленная цель повышения эффективности проектирования и предоставления телекоммуникационных услуг путем применения новых моделей и методов расчета временных характеристик систем обслуживания пользовательских сеансов и рабочих процессов в микросервисных архитектурах достигнута, в частности: **разработаны** модели оценки временных характеристик услуг, реализующих поддержку пользовательских сеансов, рабочих процессов транзакционных услуг, методы применения моделей для оценки характеристик комбинированных слабосвязанных услуг, комплекс имитационных моделей и библиотеки структурных элементов разных типов услуг; **предложены** методы аппроксимации для оценки параметров выходного потока в сетях систем произвольного вида и последовательный алгоритм применения разработанных методов и моделей; **доказано**, что использование методов аппроксимации, математического инструмента свертки позволяет получить приближенные значения временных характеристик рабочих процессов обслуживания в сетях систем произвольного вида и сократить время анализа за счет сокращения этапов, необходимых для численного анализа; **введены** новый подход к разделению на сеансовые услуги; рабочие процессы выполнения транзакций и их синтез в комбинированные телекоммуникационные услуги.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что: доказано, что временные характеристики услуг, поддерживающие пользовательские сеансы могут быть оценены с использованием аппарата теории

сетей Джексона, а верхние и нижние границы временных характеристик рабочих процессов транзакционных услуг могут быть получены с применением методов аппроксимации параметров выходного потока, а для частных случаев расчет цепочки последовательных сетей систем будет иметь точные значения; **применительно к проблематике диссертации результативно использованы** методы математического моделирования, в том числе общие методы теории массового обслуживания, теории вероятности, имитационного моделирования сложных систем, имитационное моделирование выполнялось с помощью ПО Anylogic; **изложены** алгоритмы и ограничения проведения моделирования исследуемых систем, необходимость реализации методов аппроксимации по отношению к входным данным для последующего анализа. Проведена оценка необходимости использования средств имитационного моделирования, определены условия их применения на этапах проектирования; **раскрыты** проблемы оценки характеристик процессов в сетях систем, ограничения в проведении моделирования, влияние зависимостей межкомпонентных процессов; **изучены** связи обоснованных изменений количественных параметров системы с временными характеристиками в различных сценариях реализации телекоммуникационных услуг; **проведена модернизация** метода оценки характеристик выходного потока путем применения методов аппроксимации, а так же метода оценки аппарата параллельной обработки запросов Fork-Join путем реализации имитационной модели для оценки характеристик системы с коэффициентом репликации $N > 2$.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что: разработаны и внедрены методы и модели расчета временных характеристик, комплекс имитационных моделей на этапе планирования возможных конфигураций архитектурных решений в ООО «НИЦ СевенТест», на этапе проектирования систем технического учета «Аргус NRI» в ООО «НТЦ АРГУС», в ООО «СИГУРД-АйТи», а так же в учебный процесс кафедры инфокоммуникационных систем федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф.

М.А. Бонч-Бруевича», получены свидетельства о государственной регистрации программ на ЭВМ, показаны границы применимости предложенных методов; **определены** перспективы использования разработанных методов на этапах планирования и проектирования телекоммуникационных слабосвязанных услуг, для которых выдвигаются различные требования к масштабированию в зависимости от назначения; **создана** модель эффективного применения рекомендаций к реализации разработанного метода для оценки характеристик различных видов услуг, а так же комплекс структурных элементов имитационной модели для оценки характеристик различных сценариев реализации услуг; **представлены** рекомендации с учетом ограничений по применению разработанных методов в зависимости от входных параметров рассматриваемой услуги и сценариев взаимодействия компонент.

Оценка достоверности результатов исследования выявила: для **экспериментальных работ** полученные результаты аналитических расчетов и имитационного моделирования, позволяющие оценить временные характеристики различных сценариев работы, при обоснованном изменении количественных параметров систем; **теория** построена на известных моделях и методах теории массового обслуживания. Результаты работы согласуются с данными представленными в открытых источниках по теме диссертации; **идея базируется** на методах анализа вероятностно временных характеристик телекоммуникационных сетей и систем с целью оценки и разработки методов повышения качества обслуживания; **использованы** сравнение авторских данных и данных, полученных ранее по рассматриваемой тематике; **установлено**, что результаты численных расчетов и имитационного моделирования подтверждают характер изменения количественных характеристик и имеют хорошую сходимость при обоснованном применении методов аппроксимации. Точные результаты при оценке систем вида $M/M/1$ подтверждают рациональность использования разработанных имитационных моделей; **использованы** современные подходы к проведению моделирования рассматриваемых сетей систем с применением программных средств Mathcad для сложных математических расчетов и ПО Anylogic для имитационного моделирования.

Личный вклад соискателя состоит в разработке подхода к моделированию телекоммуникационных услуг с разделением их на сеансовые, транзакционные и комбинированные услуги; разработке методов применения моделей сеансовой и рабочих процессов транзакционных услуг с учетом внедрения аппарата параллельной обработки Fork-Join для оценки временных характеристик при обоснованном изменении количественных параметров системы; синтез в алгоритм реализации метода оценки комбинированной услуги на этапе планирования и проектирования; разработке моделей с использованием методов аппроксимации для оценки параметров выходного потока, которые позволяют определить верхнюю и нижнюю границу временных характеристик сетей систем произвольного вида; разработке программного комплекса, имитирующего процесс обслуживания пользовательских запросов и реализации транзакций в рамках комбинированной слабосвязанной услуги. Все научно-исследовательские работы по теме диссертации выполнены автором самостоятельно или при его непосредственном участии. Изложенные результаты диссертационной работы получены соискателем лично в ходе научной и практической работы. В работах, выполненных в соавторстве, соискателю принадлежит ведущая роль в реализации методов и получении результатов для решения поставленных задач.

В ходе защиты диссертации было высказано критическое замечание о том, что необходимо было использовать более подходящий критерий согласия с учетом длинных хвостов распределений путем вычисления процентных точек.

Соискатель Редругина Наталия Михайловна в ходе заседания ответила на задаваемые ей вопросы и привела собственную аргументацию.

Диссертационный совет установил, что диссертация «Модели и методы оценки характеристик телекоммуникационных комбинированных слабосвязанных услуг» является законченной научно-квалификационной работой и соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а также пунктам 1,2,4 и 5 паспорта научной специальности 2.2.15. Системы, сети и устройства телекоммуникаций.

На заседании 29 ноября 2023 года диссертационный совет принял решение присудить Редругиной Н.М. ученую степень кандидата технических наук за решение научной задачи по разработке моделей и методов их применения для оценки характеристик слабосвязанных услуг с целью повышения качества обслуживания и возможности принятия обоснованного решения, по управлению количественными показателями систем, имеющее важную практическую значимость в области анализа информационных систем.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 6 докторов наук по научной специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 15, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель диссертационного совета,
доктор технических наук, профессор



Гоголь Александр Александрович

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат технических наук, доцент



Владыко Андрей Геннадьевич

01 декабря 2023 года