

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 25 декабря 2025 г. № 23

О присуждении Феноменову Михаилу Александровичу, гражданину РФ, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Модели и методы распределения эксплуатационных ресурсов оператора связи в условиях перехода к сетям 5G/6G» по специальности 2.2.15. Системы, сети и устройства телекоммуникаций принята к защите 22 октября 2025 года, протокол № 19 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 Феноменов Михаил Александрович, 25 ноября 1978 года рождения, занимает должность заместителя генерального директора НТЦ «Аргус».

В 2001 году соискатель окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича» с присвоением квалификации «инженер» по специальности «Сети связи и системы коммутации».

В 2014 году окончил освоение программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский

государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича» по направлению подготовки «Электроника, радиотехника и системы связи».

Диссертация выполнена на кафедре инфокоммуникационных систем Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича».

Научный руководитель – доктор технических наук, Гольдштейн Александр Борисович, основное место работы: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича», кафедра инфокоммуникационных систем, профессор кафедры.

Оппоненты: 1. Колбанёв Михаил Олегович, доктор технических наук, профессор, основное место работы: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный экономический университет», кафедра информационных систем и технологий, профессор кафедры; 2. Степанов Михаил Сергеевич, кандидат технических наук, доцент, основное место работы: Ордена Трудового Красного Знамени федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», кафедра сетей связи и систем коммутации, доцент кафедры, дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы», г. Москва, в своем положительном заключении, подписанном Самуйловым Константином Евгеньевичем, доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой теории вероятностей и кибербезопасности, утвержденном Андреем Александровичем Костиным, доктором медицинских наук, профессором, членом-корреспондентом РАН, первым проректором - проректором по научной работе, указала, что представленная диссертация является научно-квалификационной работой, содержащей решение

научной задачи исследования и разработки моделей, методов и стратегий для повышения эффективности распределения эксплуатационных ресурсов операторов связи. Отмеченные в отзыве недостатки не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы. Полученные автором результаты отличаются научной новизной и практической значимостью. Основные научные результаты диссертации достаточно полно опубликованы в ведущих российских и зарубежных изданиях. Название работы полностью отражает ее содержание, содержание соответствует пунктам 2, 16, 18, 19 паспорта специальности 2.2.15. Системы, сети и устройства телекоммуникаций. На основании изложенного считают, что Феноменов Михаил Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Соискатель имеет 25 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 14, из них в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК, – 11, в том числе 11 в изданиях, соответствующих искомой специальности, а также: 1 работу в изданиях, индексируемых в международных базах цитирования; 2 статьи в других научных журналах, сборниках научных статей, трудов и материалах конференций. Из них 1 работа опубликована соискателем без соавторства. Общий объем авторского вклада в работы (без результатов интеллектуальной собственности) составляет 2,5 печ.л. из общего количества 4,34 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. Феноменов М.А. Оптимизация стратегии WFM оператора сетей пятого поколения / М.А. Феноменов // Электросвязь. – 2024. – № 12-2. – С. 76-80.

2. Феноменов М.А. Модель WFM на основе Open Digital Architecture / А.Б. Гольдштейн, С.В. Кисляков, М.А. Феноменов // Вестник связи. – 2024. – № 6. – С. 1-8.

3. Феноменов М.А. Workforce Management: оптимизируем расписание / С.В. Кисляков, М.А. Феноменов // Технологии и средства связи. – 2015. – № 2. – С. 55-57.

4. Fenomenov M.A. Mathematical Models for Telecommunication Workforce Management / L.B. Goldstein, M.A. Fenomenov // T-Comm: Телекоммуникации и транспорт. – 2023. – Vol. 17. No 1. – P. 42-48.

Публикации в изданиях, индексируемых в МБЦ:

5. Fenomenov M.A. 5G/6G Communication Networks Works Force Management / A.B. Goldstein, L. Goldstein, M.A. Fenomenov // DCCN 2024 23-27 September 2024. – P. 280-285.

Публикации в других изданиях:

6. Феноменов М.А. Применение комбинации методов машинного обучения для прогнозирования нагрузки на контакт-центр / А.Б. Гольдштейн, А.М. Белозор, М.А. Феноменов // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. X Международная научно-техническая и научно-методическая конференция; сб. науч. ст. в 4 т. – СПб. : СПбГУТ, 2021. – Т. 4. – С. 325-329.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы: официального оппонента д.т.н., проф. Колбанёва М.О.; официального оппонента к.т.н., доц. Степанова М.С.; ведущей организации РУДН им. Патриса Лумумбы; Суховицкого А.Л, к.т.н., генерального директора ООО «Экран-Сервис»; Соколова Н.А., д.т.н., с.н.с., директора по науке ООО «ПРОТЕЙ СТ»; Маркелова О.А., к.т.н., доц., заведующего кафедрой радиотехнических систем СПбГЭТУ «ЛЭТИ»; Ковтуненко А.С., к.т.н., доц., доцента кафедры информатики Уфимского университета науки и технологий; Галкина А.М., к.т.н., директора проектного офиса ТЕА NEXT ПАО «Ростелеком»; Бурановой М.А., д.т.н., доц., профессора кафедры информационной безопасности Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики; Комарова М.М., к.т.н., PhD, профессора департамента бизнес-информатики Высшей школы бизнеса НИУ ВШЭ; Крючковой Т.В., к.т.н., и.о. заведующего кафедрой электрической связи, Канаева А.К., д.т.н., проф., профессора кафедры электрической связи, Логин Э.В., к.т.н., доцента кафедры электрической связи Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I.

Все отзывы положительные, но имеются следующие замечания. Представляется недостаточно обоснованным использование термина «эксплуатационные ресурсы», который введен автором впервые. Это связано с двумя обстоятельствами. Во-первых, этот термин уже «занят», так как в большом числе научных исследований под эксплуатационным ресурсом понимается возможность сложного оборудования выполнять свои функции в тех или иных условиях эксплуатации то или иное время. Во-вторых, понимание под эксплуатационными ресурсами всех запасов и средств, которые необходимы оператору связи для организации управления, в большинстве практических задач является не конструктивным из-за разнообразной природы этих запасов и средств. Именно поэтому принято разделять ресурсы, необходимые оператору, на такие группы как финансовые ресурсы, энергетические ресурсы, трудовые ресурсы, информационные ресурсы, интеллектуальные ресурсы и тому подобное. Нельзя согласиться с утверждением автора, что «Традиционно основными вероятностно-временными характеристиками эксплуатационного управления сетей связи считались следующие две: интенсивность потока заявок на эксплуатацию сети и интенсивность обслуживания этих заявок». Не меньшее значение имеют и другие характеристики, такие как время ожидания начала выполнения работ, количество заявок, ожидающих выполнения, вероятность выполнения работ к заданному сроку, интенсивность повторных обращений и другие, тем более что предложенные автором модели как раз и позволяют оценивать эти характеристики. В тексте диссертации не поясняется, каким образом готовятся исходные данные для работы нейронной сети Хопфилда и каким образом происходит обучение модели, что не позволяет оценить корректность использования ее для целей обработки и анализа отчета о выполнении работ. На рисунке 4.8 представлены спецификации, вовлеченные в процессы TMF 632, TMF 669 и др. Почему автором также не была рассмотрена спецификация TMF 646, которая декларирует объектную модель для подпроцесса бронирования интервалов визита (сущности appointment и timeslot). В главе 4 автор указывает, что одним из результатов внедрения предложенных им моделей является снижение текучести кадров и повышение эффективности работы

персонала. При этом остается неясным, каким образом были оценены численные значения этих показателей. В главе 2 для решения оптимизационной задачи был выбран метод множителей Лагранжа, при этом не дается пояснения на основании чего было принято такое решение. При анализе применения результатов на практике было бы полезно получить рекомендации для каких компаний и\или задач стоит применять предложенные модели и методы и почему. В главе 3 рассматривается задача планирования рабочих смен с учетом времени в пути, но так как у операторов связи есть не мало задач, которые выполняются сотрудниками на местах: настройка оборудования, мониторинг, активация сервисов и т.п., то было бы полезно показать, как упростится задача в этом случае. В главе 1 было бы полезно указать динамику применения систем WFM в Российской Федерации и в каких областях наблюдается наибольший спрос. В разделе 4.3., где представлены типовые возможности системы Workforce Management, следовало бы показать, какие из существующих систем обладают данными возможностями, а также привести основные различия между ними. В ряде разделов работы присутствуют опечатки, стилистические неточности пропущенные знаки препинания. В главе «Проблематика WFM в эксплуатационном управлении сетями связи» для указания важности рассматриваемого вопроса, было бы полезно добавить информацию по росту затрат компаний на системы WFM. И возможно информацию о суммарной оценке рынка систем WFM. Предложенная в диссертации трехфазная модель WFM рассматривает три этапа: планирование нагрузки, исполнение, а также отчет и анализ. При этом автором в недостаточной степени уделено внимание вопросу прогнозирования нагрузки (параметры N и λ в методе оптимизации) — допущения о том, что входящий поток заявок будет характеризоваться пуассоновским распределением, может быть недостаточно, учитывая возможную «сезонность» заявок, маркетинговые кампании, форс-мажор факторы и иные обстоятельства, которые делают среднюю интенсивность заявок не фиксированной. Для обработки и анализа отчетов выполнения работ автор предложил использовать нейронную сеть Хопфилда, однако не указано на основании чего был сделан такой выбор. Было бы полезно сравнить результаты применение различных нейронных сетей по рассматриваемой задаче. В главе 3.1.

приведены графики количества сотрудников за разные периоды, при этом не дано пояснение, а для чего была собрана и представлена данная информация. В рамках представленной работы, согласно актам, автор показал применение предложенной модели и методов в разных компаниях, было бы полезно разработать типовой набор настроек для различных областей применения: call-центры, службы эксплуатации, отделы развития и т.п. Из текста автореферата неясно обоснование перехода от формул 1 и 2 к 3 и 4. Почему расчёт в реальном времени невозможен? О каких реальных временах идёт речь? О каком объёме расчётов? В автореферате отсутствуют сведения о том, как учитывается объём прогнозируемых задач в математической модели. Непонятно, почему в качестве научной задачи предлагается разработка именно трехфазной математической модели. Почему не 2-х или 4-х фазной? В автореферате отсутствуют сведения о проведении натурного эксперимента. В таблице 1 на стр. 13-14 нет наименования столбцов, что затрудняет восприятие значений, например, значения множителя Лагранжа 23650 и 378400 получены при каких условиях и для чего? В описании третьей главы на стр. 14 сказано, что для расчетов за основу были взяты данные одного из крупных операторов связи, но далее по тексту непонятно, было ли сравнение с данными других операторов связи и будут ли работать полученные уравнения для менее крупных операторов? На рисунке 3 подписи к осям очень мелкие, что затрудняет восприятие. Из автореферата неочевидно почему были выбраны те или иные даты, имеет ли значение время года, наличие праздничных дней и как это влияет на конечный результат. На стр. 16, шаг 4 представлена таблица с различными ежедневными заданиями, однако из автореферата непонятно, учитывается ли каким-либо образом сложность выполняемых задач. В предложенной трехфазной модели автор рассматривает две вероятностно-временные характеристики: интенсивность потока заявок и интенсивность обслуживания заявок. Однако, дополнительно стоит учитывать ожидаемое качество выполнения заявок, которое может быть представлено как через объективные критерии (количество визитов для установки, наличие повторных обращений), так и через субъективные оценки (например, обратная связь клиента). На странице 11 автореферата говорится, что расчет для

каждого варианта i весьма трудоемкий и исключает его выполнение в реальном масштабе времени, при этом не дается критерий трудоемкости. Таблица 1 (сводные результаты расчетов) на странице 13 не читаема в связи с отсутствием пояснений не встречающихся по тексту автореферата сокращений. Несмотря на строгость математических моделей и корректность алгоритмических решений было бы целесообразно дополнительно рассмотреть устойчивость предложенных методов при атипичных режимах функционирования. Уточнение таких сценариев могло бы расширить применимость результатов и усилить практическую ценность модели в условиях, приближенных к эксплуатации в реальной сети. Из автореферата не понятно, почему на Фазе 3 применяется нормальный закон распределения, а не экспоненциальный, как на предыдущей фазе, хотя тут так же речь идёт об обработке заявок. На стр. 15 автор использует сокращение «КЗоТ», не давая его расшифровки ранее по тексту. Было бы целесообразно при первом упоминании пояснять подобные аббревиатуры для обеспечения ясности изложения. На стр. 10-11 речь идет о том, что в фазе 2 модели учитываются вероятностно-временные характеристики выполнения работ, однако, не указано какие именно характеристики? В задачах исследования указано, что будет построена обучаемая нейронная сеть анализа отчетов WFM в реальном времени, однако, из автореферата непонятно какие алгоритмы обучения будут использоваться и какие отчеты анализироваться, выполнения всех работ или отдельных задач? Автор перечисляет компоненты NGOSS/ODA и помещает WFM среди них, однако не описывает, каким образом предлагаемые алгоритмы встраиваются в реальные бизнес-процессы (ETOM, TMF APis), не рассматривает миграционные риски и требования к данным. В списке публикаций подчеркивается значимость Employee Experience, однако в автореферате данная метрика не входит в набор KPI, а поведенческие аспекты (мотивация, обучение, текучесть) в моделях не учитываются, что сужает применимость результатов при внедрении гибких графиков и удаленных форм работы.

Выбор оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что оппоненты являются известными учеными в области сетей и систем связи, ведущая

организация - лидером по системам массового обслуживания для сетей связи. Официальный оппонент д.т.н., профессор М.О. Колбанёв является одним из ведущих ученых в области системного анализа, управления и обработки информации в телекоммуникационных системах. Официальный оппонент к.т.н., доцент Степанов М.С. известен своими трудами в области теории телетрафика и разработки моделей современных сетей связи. Одним из приоритетных направлений в области исследований Российского университета дружбы народов имени Патриса Лумумбы являются информационно-телекоммуникационные системы для сетей связи пятого и последующих поколений. Отзыв составил и подписал известный в области связи д.т.н., профессор К.Е.Самуйлов, заведующий кафедрой теории вероятностей и кибербезопасности.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований: разработаны модели и методы распределения эксплуатационных ресурсов на базе вероятностно-временных характеристик, позволяющие повысить эффективность систем управления эксплуатационными ресурсами на сетях пятого и последующих поколений с расширением границ применимости полученных результатов;

предложены методы оптимизации выбора стратегии WFM с учетом граничного времени выполнения задач, вероятности нарушения сроков выполнения задач, интенсивности поступления запросов, интенсивности обслуживания и стоимости единицы времени использования эксплуатационных ресурсов;

доказано, что использование аналитических методов распределения эксплуатационных ресурсов на базе вероятностно-временных характеристик, позволяет повысить эффективность систем управления эксплуатационными ресурсами на сетях пятого и последующих поколений, а разработанная модель позволяет на базе вероятностно-временных характеристик оптимизировать процесс выполнения запросов с использованием эксплуатационных ресурсов для обеспечения гарантированной вероятности выполнения поступающего объема запросов.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что: доказана эффективность использования метода множителей Лагранжа и гарантированного времени выполнения задачи для выбора стратегии распределения эксплуатационных ресурсов оператора связи;

применительно к проблематике диссертации результативно использованы комплекс существующих базовых методов исследования, в том числе методы теории телетрафика и теории массового обслуживания, теории вероятностей, теории оптимизации, а также математической статистики;

изложено математическое описание эксплуатационных процессов сетей связи пятого и последующих поколений, включая планирование, выполнение и анализ результатов выполнения задач и метод выбора стратегии управления эксплуатационными ресурсами на базе критериев граничного времени выполнения задач и вероятности нарушения сроков выполнения задач в зависимости от интенсивности поступления запросов, интенсивности их обслуживания и стоимости единицы времени использования эксплуатационных ресурсов;

раскрыты вероятностно-временные характеристики выполнения задач для разных эксплуатационных, пуско-наладочных, профилактических и т.п. задач на сетях связи пятого поколения;

изучены методы множителей Лагранжа для выбора оптимальной стратегии WFM, нейронная сеть Хопфилда для анализа и автоматической обработки результатов выполнения задач и линейное программирование для решение задачи составления циклического расписания распределения эксплуатационных ресурсов;

проведена модернизация метода множителей Лагранжа, позволяющая применять его для выбора оптимальной стратегии WFM.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что: разработаны и внедрены метод выбора стратегии WFM на базе множителей Лагранжа, нейронная сеть Хопфилда для автоматизации процессов анализа результатов выполнения задач, линейные программы для составления циклического расписания распределения эксплуатационных ресурсов. Также научные результаты использованы в учебном

процессе Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им.проф. М.А. Бонч-Бруевича при проведении лабораторных и практических занятий со студентами и чтении лекций по курсам «Системы управления инфокоммуникациями» и «Технологические принципы организации инфокоммуникационных услуг»;

определены перспективы практического применения разработанных моделей и методов распределения эксплуатационных ресурсов согласно параметров QoS, прописанных в SLA, на сетях связи четвертого и пятого поколений;

создана модель позволяющая оператору связи выбрать наилучшую стратегию WFM с учетом текущих условий;

представлены аналитические модели и методы выбора стратегии WFM с учетом граничных условий; предложения по дальнейшему совершенствованию моделей и методов распределения эксплуатационных ресурсов.

Оценка достоверности результатов исследования выявила: для экспериментальных работ полученные результаты выбора оптимальной стратегии WFM на базе граничных условий подтверждают повышение эффективности использования эксплуатационных ресурсов оператора связи, показана воспроизводимость результатов исследования для различных эксплуатационных задач оператора связи;

теория построена на известных теории телетрафика и теории массового обслуживания, проверяемых данных в области исследования оптимизационных задач и согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации;

идея трехфазной модели **базируется** на анализе практики и обобщении передового опыта построения процессов эксплуатационного управления в сетях связи пятого и последующий поколений; **использованы** сравнение авторских данных и данных, полученных от операторов связи до внедрения разработанных моделей и методов;

установлено качественное и количественное совпадение авторских результатов с данными систем WFM, используемых разработанные модели и методы распределения эксплуатационных ресурсов.

Личный вклад соискателя состоит в разработках: новой трехфазной математической модели, позволяющей осуществлять распределение эксплуатационных ресурсов с помощью вероятностно-временных характеристик; решения оптимизационной задачи на базе множителей Лагранжа, позволяющей рассчитать максимально эффективную стратегию WFM по заданным критериям, что увеличило производительность использования эксплуатационных ресурсов на 21%; метода, позволяющего выбирать стратегии распределения эксплуатационных ресурсов на основе заданных ограничений и с учётом ряда ключевых факторов и метрик, что повысило эффективность использования ресурсов на 17%.

В ходе защиты диссертации были высказаны критические замечания о том, что кроме интенсивности потока заявок на эксплуатацию сети и интенсивности обслуживания этих заявок так же влияют характеристики, такие как: время ожидания начала выполнения работ, количество заявок, ожидающих выполнения, вероятность выполнения работ к заданному сроку, интенсивность повторных обращений.

Соискатель Феноменов М.А. в ходе заседания: ответил на задаваемые ему вопросы, согласился с замечаниями и привел собственную аргументацию.

Диссертационный совет установил, что диссертация «Модели и методы распределения эксплуатационных ресурсов оператора связи в условиях перехода к сетям 5G/6G» является законченной научно-квалификационной работой и соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а также пунктам 2, 16, 18 и 19 паспорта научной специальности 2.2.15. Системы, сети и устройства телекоммуникаций.

На заседании 25 декабря 2025 года диссертационный совет принял решение присудить Феноменову М.А. ученую степень кандидата технических наук за решение задачи исследования и разработки моделей, методов и стратегий для

повышения эффективности распределения эксплуатационных ресурсов оператора связи.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 6 докторов наук по научной специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 13, против – 0, недействительных бюллетеней – 1.

Председательствующий диссертационного совета,
доктор технических наук, профессор



Парамонов Александр Иванович

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат технических наук, доцент



Владыко Андрей Геннадьевич

26 декабря 2025 года

