

Заключение диссертационного совета 24.2.312.08, созданного на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет»  
Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета от 10.04.2026г. №7

О присуждении Хасанову Ниязу Аделевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Моделирование замкнутых систем массового обслуживания с трехкомпонентным потоком заявок и ограничением по времени ожидания заявки в очереди» по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ принята к защите 30.01.2026г. протокол заседания №1, диссертационным советом 24.2.312.08, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования (ФГБОУ ВО) «Казанский национальный исследовательский технологический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации (Минобрнауки России), 420015, г. Казань, ул. К. Маркса, 68, совет утверждён приказом Минобрнауки России № 850/нк от 12.07.2022 г.

Соискатель, Хасанов Нияз Аделевич, 18 января 1998 года рождения.

В 2020 году окончил ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет» программу бакалавриата по направлению подготовки 27.03.04 «Управление в технических системах», в 2022 году – программу магистратуры по направлению подготовки 15.04.04 «Автоматизация технологических процессов и производств» ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет».

С 2022 года по 2025 год обучался по программе аспирантуры в ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет» по специальности 1.2.2 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ. Справка о сдаче кандидатских экзаменов выдана в 2025 году Федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет».

В настоящее время работает в отделе разработки методик измерений ООО «Центр метрологии «СТП» в должности ведущего инженера по метрологии.

Диссертация выполнена на кафедре интеллектуальных систем и управления информационными ресурсами ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», Минобрнауки России.

Научный руководитель – доктор технических наук, доцент Титовцев Антон Сергеевич, ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», кафедра интеллектуальных систем и управления информационными ресурсами, профессор.

Официальные оппоненты:

Пауль Светлана Владимировна, доктор физико-математических наук, доцент, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», профессор кафедры теории вероятностей и математической статистики;

Тарасов Вениамин Николаевич, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики», профессор кафедры информатики и робототехнических систем, дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева», г. Казань, в своем положительном отзыве, подписанном кандидатом технических наук, доцентом, заведующим кафедрой автоматизированных систем обработки информации и управления Шлеймовичем Михаилом Петровичем, указала, что диссертационная работа Хасанова Н.А. является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена нетривиальная научная задача комплексного исследования замкнутых систем массового обслуживания с трехкомпонентным потоком заявок и ограничением по времени ожидания заявки в очереди, связанная с разработкой математических моделей, методов, алгоритмов и комплекса программ, позволяющих определить количество обслуживающих устройств, необходимое и достаточное для обеспечения требуемой производительности при определенной совокупности начальных условий, что имеет существенное значение для развития страны, а ее автор – Хасанов Нияз Аделевич – заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 1.2.2 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Соискатель имеет 9 опубликованных работ, все по теме диссертации, с авторским вкладом 2,22 п.л., из них в рецензируемых научных журналах и изданиях – 4 работы, 1 свидетельство о регистрации электронного ресурса.

В них содержатся основные результаты исследования – новая математическая модель замкнутой системы массового обслуживания с трехкомпонентным потоком заявок и ограничением на время ожидания, новый численный алгоритм поиска эффективных режимов работы СМО, имитационная модель замкнутой системы массового обслуживания с трехкомпонентным потоком заявок и ограничением на время ожидания, комплекс специализированных программных средств для решения задач по расчету ключевых характеристик систем массового обслуживания и оценки её

эффективности.

Наиболее значительные работы по теме диссертации:

1. Хасанов Н. А. Имитационное моделирование нестационарного режима в замкнутой системе массового обслуживания с поликомпонентным потоком заявок / Н.А. Хасанов // Научно-технический вестник Поволжья. – 2025. – № 10. – С. 64–67. – 0,35 п.л.

2. Хасанов Н. А. Трехкомпонентный поток заявок в замкнутых системах массового обслуживания с бесконечной емкостью накопителя и ограничением по времени ожидания / Н. А. Хасанов, А. С. Титовцев, Т. Э. Петров // Инженерный вестник Дона. – 2024. – № 10(118). – С. 156–163. – 0,57 п.л./0,3 п.л.

3. Хасанов Н. А. Математическая модель замкнутых систем обслуживания с поликомпонентным потоком заявок, ожиданием и потерями / Н. А. Хасанов, А. С. Титовцев, Т. Э. Петров // Научно-технический вестник Поволжья. – 2024. – № 10. – С. 37–40. – 0,45 п.л./0,25 п.л.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от:

д.т.н., профессора, профессора Высшей школы технологий искусственного интеллекта ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого» Большакова А. А.; к.т.н., заведующего лабораторией «Цифровое моделирование промышленных систем» ПИШ ЦИ ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого» Гинцяка А.М.; д.ф.-м.н., профессора, профессора кафедры цифровой аналитики и технологий искусственного интеллекта Института ИТИС ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет» Елизарова А. М.; к.ф.-м.н., доцента, доцента кафедры высшей и прикладной математики ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет» Семенов Д.В.; д.т.н., профессора, заведующего кафедрой телекоммуникационных технологий и сетей ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет» Смагина А. А.; д.ф.-м.н., профессора, руководителя научно-исследовательской группы вероятностных методов и системного анализа ФГБУН «Институт прикладной математики» Дальневосточного отделения Российской академии наук Цициашвили Г. Ш. Все отзывы положительные.

В отзывах отмечено, что работа выполнена на актуальную тему, содержит новые научные подходы к исследованию моделей замкнутых систем массового обслуживания с трехкомпонентным потоком заявок и ограничением по времени ожидания заявки в очереди. Теоретическая значимость исследования заключается в расширении математического аппарата теории массового обслуживания. В частности, в работе представлены: неисследованная ранее математическая модель замкнутой СМО с трехкомпонентным потоком заявок и ограничением по времени ожидания заявки в очереди; математическая формализация первых и вторых моментов числовых и временных характеристик модели в стационарном режиме работы; методы и алго-

ритмы поиска эффективных режимов работы замкнутых СМО с двухкомпонентным и трехкомпонентным потоком заявок; предложены рекомендации по внедрению математической модели для адаптации к реальным техническим системам. Практическая ценность работы заключается в том, что область применения результатов работы охватывает широкий спектр отраслей, включая производственно-техническую сферу, торговлю, управление производством и производственными процессами, телефонию и связь, а также логистику. Полученные результаты применимы для систем, где разнородные типы заявок могут существенно влиять на эффективность обслуживания.

В качестве замечаний отмечено: в работе предложена имитационная модель на Python, однако из автореферата неясно, проводилась ли оценка ее вычислительной сложности и времени счета при варьировании объема источника  $N$  до 100 и более; из автореферата неясно, проводилось ли сравнение разработанной модели с известными частными случаями (например, при  $\lambda_0=0$  модель должна сводиться к двухкомпонентной, при  $v \rightarrow \infty$  – к системе с отказами). Такая верификация усилила бы доверие к результатам; в списке литературы, судя по автореферату, присутствует 96 источников, однако в тексте автореферата ссылки на работы других авторов практически отсутствуют (за исключением исторического обзора во введении). Это затрудняет оценку места данной работы в контексте существующих исследований (д.т.н. Большаков А. А.); при поиске эффективных режимов функционирования системы используется численный алгоритм на основе метода Ньютона с адаптивной релаксацией. Рекомендуется более подробно рассмотреть вопросы сходимости алгоритма и его вычислительной эффективности при анализе систем с большим числом состояний; разработан программный комплекс для проведения вычислительных экспериментов. Вместе с тем в автореферате недостаточно подробно раскрыты архитектура программной реализации и возможности интеграции разработанного программного обеспечения с существующими инструментами моделирования (к.т.н. Гинцяк А.М.); в главе 5 автор решает задачу поиска параметров, обеспечивающих заданную относительную пропускную способность. Однако выбор именно этого значения (70 %) никак не обоснован. Желательно было бы представить результаты для диапазона значений  $q$  (например,  $0,6 \div 0,95$ ) (д.ф.-м.н. Елизаров А. М.); на рисунке 2 (блок-схема алгоритма имитационного моделирования) отсутствуют пояснения к блокам, связанным с генерацией случайных величин и обработкой таймаутов. Для воспроизводимости результатов следовало бы привести более детальное описание; в таблице на стр. 14, где сравниваются аналитическое решение и метод Монте-Карло, отсутствуют данные о количестве реализаций и методе оценки погрешности. Неясно, с какой точностью получены значения 0,157, 0,145 и т.д. и укладываются ли аналитические значения в эти интервалы; разработанный комплекс программных средств реализован в средах Mathcad и Python. Не указано, предусмотрена ли возможность экспорта/импорта данных в распространенные форматы (Excel, CSV, базы данных) для интеграции с существующими системами учета на предприятиях (к.ф.-

м.н. Семенова Д.В.); в автореферате следовало бы больше внимания уделить численным результатам, приведенным в главе 4; к достоинствам работы следует отнести чёткую формализацию задачи поиска эффективных режимов функционирования замкнутой СМО. Предложенный численный алгоритм, основанный на методе Ньютона с адаптивной релаксацией, позволяет определять требуемые сочетания параметров (интенсивности обслуживания, числа каналов) для достижения заданного уровня относительной пропускной способности. Однако из автореферата не совсем ясно, какова вычислительная сложность предложенного алгоритма при увеличении размерности пространства поиска (например, при одновременном варьировании трёх и более параметров); разработанный комплекс программных средств зарегистрирован как электронный ресурс, но из текста неясно, предусмотрена ли возможность его адаптации конечными пользователями под свои задачи без привлечения автора (наличие интерфейса, документации, открытого кода) (д.ф.-м.н. Цициашвили Г.Ш.).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетентностью и тем, что они являются ведущими специалистами в области научных исследований по математическому моделированию информационных систем, включая системы с очередями, а также наличием профильных научных публикаций в рецензируемых изданиях. Пауль Светлана Владимировна эксперт в области теории массового обслуживания. Она опубликовала около ста научных работ, которые входят в БД РИНЦ и Scopus. Пауль С. В. постоянный член оргкомитетов Международной конференции «Информационные технологии и математическое моделирование» им. А. Ф. Терпугова и Всероссийской конференции «Научное творчество молодежи». Под руководством Тарасова В. Н. защищены 7 кандидатских и 1 докторская диссертации. Подготовил 2 монографии, 5 учебных пособий с грифом Минобразования, написал свыше 200 научных и научно-методических работ. С 2008 по 2013 гг. являлся членом экспертного совета ВАК РФ по управлению, вычислительной технике и информатике. С 2012 г. Почетный работник высшего профессионального образования РФ.

Ведущая организация широко известна своими исследованиями в области математического и имитационного моделирования сложных систем, включая системы с очередями. ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ» входит в: число участников программы «Приоритет 2030», «Передовая инженерная школа», Ассоциацию технических университетов (Technical Universities Association), Ассоциацию технических университетов России и Китая (АТУРК), Консорциум аэрокосмических вузов России, Альянс университетов нового Шелкового пути; а также является участником Европейской Ассоциации Аэрокосмических Университетов PEGASUS. На базе сложившихся научных школ вуза утверждены стратегические направления научных исследований университета на период до 2030 года, в числе которых проекты, несущие вклад в научно-технологическое развитие Российской Федерации для обеспечения роста

конкурентоспособности промышленности.

Исследования, близкие к тематике диссертации, отражены в публикациях ученых ведущей организации (д.т.н. Галимов Ф. М., к.т.н. Шлеймович М. П., к.т.н. Мокшин В. В. и др.) в ведущих российских изданиях, таких как «Вестник технологического университета», «Прикладная информатика», «Вестник НЦБЖД», «International Journal of Open Information Technologies» и др.

*Диссертационный совет отмечает, что наиболее существенные научные результаты исследований, полученные лично соискателем, и их научная новизна заключаются в следующем:*

– разработана математическая модель замкнутой СМО с трехкомпонентным входным потоком заявок, отличающаяся сочетанием свойств известных моделей замкнутых СМО с ограниченным временем ожидания заявки в очереди, модели Энгсета, а также классической модели многоканальной замкнутой СМО, применимая в широком спектре предметных областей;

– предложен численный алгоритм поиска эффективных режимов работы СМО, отличающийся возможностью определения требуемых сочетаний входных данных для достижения заданной эффективности функционирования СМО, позволивший разработать комплекс программ, реализующий численный анализ математических моделей;

– доказаны основные закономерности функционирования замкнутых систем массового обслуживания с трехкомпонентным входным потоком заявок и ограниченным временем ожидания заявки в очереди при изменении интенсивности входного потока заявок, числа обслуживающих устройств, а также ограничений по времени ожидания заявки в очереди;

– доказана эффективность предложенного численного алгоритма исследования математических моделей систем массового обслуживания, позволяющего определить число обслуживающих устройств, которое требуется для обеспечения заданного качества обслуживания.

*Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:*

– изложены основные положения, методы построения математических моделей замкнутых систем массового обслуживания с трехкомпонентным входным потоком заявок и ограничением по времени ожидания заявки в очереди, алгоритмы имитационного вычислительного эксперимента;

– изучены причинно-следственные связи в замкнутых системах массового обслуживания с трехкомпонентным входным потоком заявок и ограничением по времени ожидания заявки в очереди;

– доказаны положения, вносящие вклад в расширение представлений о режимах функционирования замкнутых систем массового обслуживания с трехкомпонентным входным потоком заявок и ограничением по времени ожидания заявки в очереди;

– проведена модернизация моделей систем массового обслуживания для ана-

лиза особенностей поведения замкнутых систем массового обслуживания с трехкомпонентным входным потоком заявок и ограничением по времени ожидания заявки в очереди;

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

– разработаны и внедрены методики улучшения организации обслуживания в ООО НПФ «Геоник» (с. Набережные Моркваши Верхнеуслонского района РТ) для минимизации задержек в обслуживании производственного оборудования, а также в учебном процессе при подготовке бакалавров и магистров ФГБОУ ВО «КНИТУ»;

– определены перспективы применения предложенных в диссертации положений и методов для разработки и решения прикладных задач в различных предметных областях, имеющих отношение к управлению замкнутыми системами массового обслуживания с трехкомпонентным потоком заявок и ограничением по времени ожидания заявки в очереди;

– создан комплекс программ для исследования поведения характеристик замкнутых систем массового обслуживания с трехкомпонентным потоком заявок и ограничением по времени ожидания заявки в очереди, позволяющий по математической модели определить параметры модели, обеспечивающие требуемый уровень эффективности функционирования системы;

– представлены рекомендации для повышения качества применения систем массового обслуживания в областях, где имеют место проблемы, связанные с обслуживанием потоков разнородных требований случайного характера, – производственно-техническая сфера, торговля, управление производством и производственными процессами, телефония и связь, логистика и другие.

*Оценка достоверности результатов исследования выявила:*

– применительно к проблематике диссертации результативно использованы методы теории вероятностей, теории случайных процессов, методы имитационного моделирования систем с очередями;

– теория построена на известных и апробированных методах теории вероятностей и теории случайных процессов. Достоверность полученных результатов диссертации подтверждается положительными результатами их практического внедрения в деятельности ООО НПФ «Геоник»;

– идея базируется на анализе современного состояния прикладной теории массового обслуживания и математического моделирования замкнутых систем массового обслуживания с трехкомпонентным потоком заявок и ограничением по времени ожидания заявки в очереди.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии на всех этапах исследовательской работы: в разработке математической модели системы массового обслуживания, предложенного метода исследования подобных систем и получении ряда численных результатов, разработке комплекса программ, проведении вычисли-

