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 13.11.2026г. №30

О присуждении Шайдуллиной Наталье Константиновне, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Моделирование систем массового обслуживания с ограниченным временем жизни заявок» по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ принята к защите 04.09.2026г. протокол заседания №17, 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 утвержден приказом Минобрнауки России № 850/нк от 12.07.2022 г.

Соискатель, Шайдуллина Наталья Константиновна, 08 июля 1978 года рождения.

В 2000 году окончила механико-математический факультет Казанского государственного университета им. В.И. Ульянова-Ленина, в 2015 году – программу магистратуры по направлению подготовки 09.04.02 «Информационные системы и технологии» ФГБОУ ВО Казанского национального исследовательского технологического университета.

С 2000 года по 2007 год обучалась в аспирантуре Казанского государственного технологического университета по специальности 05.13.18 – 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 ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет» на кафедре информатики и прикладной математики в должности старшего преподавателя.

Диссертация выполнена на кафедре информатики и прикладной математики ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», Минобрнауки России.

Научный руководитель – доктор педагогических наук, кандидат технических наук, профессор Нуриев Наиль Кашапович, ФГБОУ ВО «Казанский национальный

исследовательский технологический университет», кафедра информатики и прикладной математики, профессор.

Официальные оппоненты:

Бахарева Надежда Федоровна, доктор технических, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики», профессор кафедры информатики и робототехнических систем;

Мокшин Владимир Васильевич, кандидат технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», доцент кафедры автоматизированных систем обработки информации и управления

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Ордена Трудового Красного Знамени федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский технический университет связи и информатики» (МТУСИ), г. Москва, в своем положительном отзыве, подписанном кандидатом технических наук, доцентом, заведующим кафедрой математической кибернетики и информационных технологий Городничевым Михаилом Геннадьевичем, указала, что диссертационная работа Шайдуллиной Н. К. является самостоятельной завершенной научно-квалификационной работой, в которой решена востребованная для современных технологических систем задача всестороннего анализа СМО с дедлайнами на обработку поступающих запросов, что имеет существенное значение для оптимизации деятельности индустриальных предприятий и сопряженных отраслей, а ее автор – Шайдуллина Наталья Константиновна – заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.2.2 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Соискатель имеет 12 опубликованных работ по теме диссертации, с авторским вкладом 3,02 п. л., из них в рецензируемых научных журналах и изданиях – 8 работ, 1 свидетельство о регистрации электронного ресурса.

В них содержатся основные результаты исследования – новая математическая модель системы массового обслуживания пуассоновского потока заявок с фиксированным ограничением времени жизни без опции накопления очереди, новая математическая модель одноканальной системы массового обслуживания группового входного потока заявок с ограниченным временем жизни с опцией накопления очереди, аналитическое решение задачи нахождения основных характеристик одноканальной СМО с накопителем для простейшего входного потока, экспоненциального времени обслуживания и равномерно распределенного времени жизни заявок, итоги вычислительных экспериментов, проведенных с использованием разработанного программного комплекса для решения задач по расчету ключевых характеристик

систем массового обслуживания, повышению их эффективности.

Наиболее значительные работы по теме диссертации:

1. Шайдуллина, Н. К. Имитационное моделирование процесса администрирования продажи товаров с ограниченным сроком годности / Н. К. Шайдуллина // Вестник технологического университета. – 2022. – Т.25, в.12. – С.158–161. – 0,35 п.л.

2. Шайдуллина, Н. К. Задача управления системой массового обслуживания с ограниченным временем жизни заявок / Н. К. Шайдуллина // Научно-технический вестник Поволжья. – 2023. – №12. – С.157–159. – 0,4 п.л.

3. Шайдуллина, Н.К. Математическое моделирование и решение задачи нахождения характеристик системы массового обслуживания заявок со случайным временем жизни / Н.К. Шайдуллина, Н.К. Нуриев, Е.А. Печеный // Современные наукоемкие технологии. – 2026. –№6. – С. 204-209. – 0,44 п.л./0,3 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.; д. ф.-м. н., доцента, директора института робототехники и компьютерного зрения АНО ВО «Университет Иннополис» Малолетова А. В.; д. ф.-м. н., доцента, профессора кафедры теории вероятностей и математической статистики ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский государственный университет» Пауль С. В.; д. ф.-м. н., профессора, профессора кафедры прикладной математики и искусственного интеллекта ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет» Плещинского Н. Б; д.т.н., профессора, заведующего кафедрой телекоммуникационных технологий и сетей ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет» Смагина А. А.; к.т.н., руководителя направления центра управления инновационными технологиями фонда поддержки научной, научно-технической и инновационной деятельности «Энергия без границ» Лебедева Р.В. Все отзывы положительные.

В отзывах отмечено, что работа выполнена на актуальную тему, содержит новые научные подходы к исследованию систем массового обслуживания с ограниченным временем жизни заявок. Теоретическая ценность работы состоит в развитии аппарата теории массового обслуживания применительно к системам с ограниченным временем жизни заявок и групповым поступлением требований. Соискателем предложена новая математическая модель СМО для пуассоновского потока с фиксированным временем жизни заявок без накопителя. Новизна заключается в оригинальном способе нахождения интенсивности выхода заявок из системы и успешной модификации классических формул Эрланга, что существенно упрощает инженерные расчеты. Также построена модель одноканальной СМО с групповым входным

потоком заявок, накопителем и введенным экономическим критерием эффективности. Важным теоретическим результатом является доказательство существования порогового значения относительной пропускной способности системы в стационарном состоянии, инвариантного к характеристикам входного потока и наличию очереди. Практическая значимость исследования проявляется в том, что разработанные инструменты позволяют прогнозировать эффективность системы на стадии проектирования при варьировании ее параметров. С их помощью можно аргументированно определять необходимое количество каналов обслуживания, а также рассчитывать оптимальные параметры управляющих воздействий, включая момент их применения и требуемую величину. Модели и установленные пороговые значения относительной пропускной способности выступают в роли научно обоснованных критериев для проектирования систем массового обслуживания в различных прикладных областях: от производства и медицины до телекоммуникаций и торговли. Сводные таблицы пороговых значений могут использоваться как справочный ресурс при проектировании, а также как база для принятия решений о масштабировании системы – в частности, о добавлении новых каналов или отключении избыточных.

По результатам рассмотрения работы указаны следующие замечания: целесообразно дополнительно привести характеристику чувствительности результатов к изменению интенсивности входного потока, числа каналов и параметров распределения времени жизни заявок. Рекомендуется более детальное описание процедуры адаптации разработанного инструментария к конкретным прикладным системам, включая сбор исходных данных и выбор управляющих параметров (д.т.н. Большаков А. А.); в автореферате не уточняется, какие именно алгоритмы или библиотеки генерации псевдослучайных чисел использовались при моделировании случайных величин (экспоненциального, равномерного, нормального распределений). Между тем, качество генератора критически важно для получения достоверных результатов при статистическом моделировании. В работе используются конкретные зависимости между временем обслуживания и соотношением цен (квадратичная, экспоненциальная, кусочно-линейная). Хотелось бы уточнить, чем обоснован выбор именно таких видов функциональных зависимостей и насколько они применимы к задачам промышленной робототехники, заявленным во введении как одна из основных областей применения результатов? Значения пороговой относительной пропускной способности в таблице 3 совпадают с вероятностью того, что экспоненциально распределенное время обслуживания не превысит времени жизни заявки (например, при $\mu = 6$ и времени жизни 0,5 эта вероятность равна 0,950, как и в таблице 2). Было бы полезно привести в автореферате это аналитическое объяснение, а не ограничиваться результатами имитационного эксперимента: оно подтвердило бы установленную закономерность и ее независимость от характера входного потока. В таблице 2 аналитические значения для простейшего потока при 5–7 каналах (0,980; 0,994; 1) превышают пороговое значение 0,950, к которому, по утверждению автора, стре-

мится доля полностью обслуженных заявок. По-видимому, в этом столбце приведена доля заявок, принятых на обслуживание, что следовало бы оговорить (д. ф.-м. н. Малолетов А. В.); адекватность имитационной модели в главе 2 подтверждена сравнением с аналитическим решением лишь для одного набора параметров ($\lambda = 6$, $\mu = 10$, время жизни равномерно распределено на отрезке [0, 2]), после чего делается вывод о том, что модель может быть использована и для других функций распределения потоков заявок. Для такого обобщения желательно было бы привести сравнение для нескольких наборов параметров, в том числе при высокой загрузке канала. Модификация формул Эрланга, предложенная автором, выполнена для случая фиксированного времени жизни заявок. Целесообразно рассмотреть обобщение подхода на случай случайного времени жизни с произвольным законом распределения (д. ф.-м. н. Пауль С. В.); имитационные модели реализованы автором на языке программирования C#. Представляет интерес проведение верификации полученных результатов путем их сравнения с моделями, построенными в специализированных средах имитационного моделирования (например, AnyLogic или MATLAB Simulink), что дополнительно подтвердило бы универсальность разработанных моделей. В порядке рекомендации автору следует дополнительно охарактеризовать чувствительность результатов к изменению интенсивности входного потока, числа каналов и параметров распределения времени жизни заявок (д. ф.-м. н. Плещинский Н.Б.); в автореферате недостаточно подробно раскрыта архитектура разработанного программного комплекса: отсутствуют сведения о производительности, масштабируемости и пользовательском интерфейсе, что затрудняет оценку его прикладной ценности; в п. 4.3 используются разные единицы измерения времени: срок годности партии задан в условных единицах времени, среднее время обслуживания – в минутах ($\tau_1 = 7{,}5$ минут), момент управляющего воздействия – в часах, а опорные точки кусочно-линейной зависимости – в штуках в час. При этом на рисунке 6 по оси ординат отложено время обработки заявки, а точки, по которым построена кусочно-линейная функция, заданы темпом продаж. Это затрудняет проверку согласованности исходных данных (д. т. н. Смагин А. А.); при построении модели в п. 3.1 среднее время пребывания в системе полностью обслуженных заявок заменяется медианой условного распределения времени обслуживания (формула (6)). Для экспоненциального закона медиана и математическое ожидание усеченного распределения не совпадают, поэтому из автореферата не ясно, насколько такая замена влияет на точность расчета интенсивности выхода заявок $\hat{\mu}$ и итоговых показателей. В автореферате одни и те же обозначения используются в разных смыслах: Q обозначает и долю полностью обслуженных заявок (глава 3), и объем группы заявок (глава 4), R – и долю заявок, потерянных из-за окончания срока жизни, и стоимость обработки одной заявки. Это затрудняет восприятие материала (к. т. н. Лебедев Р. В.).

В качестве официальных оппонентов и ведущей организации выбраны специалисты, чья квалификация в области математического моделирования информаци-

онных систем признана научным сообществом; подтверждением их экспертного статуса выступают публикации в рецензируемых изданиях. Бахарева Надежда Федоровна эксперт в области теории массового обслуживания. Она опубликовала около двухсот научных работ, которые входят в БД РИНЦ и Scopus. Является автором двух монографий по методам и моделям массового обслуживания. Обладает званием «Почетный работник высшего профессионального образования РФ». Мокшин Владимир Васильевич эксперт в областях имитационного моделирования сложных систем, компьютерного зрения и машинного обучения. Им опубликованы около пятисот научных работ, которые входят в БД РИНЦ и Scopus, имеет индекс Хирша 31.

Ведущая организация традиционно сильна в исследованиях по математическому и имитационному моделированию сложных систем: в вузе активно развиваются направления, связанные с моделированием трафика, оценкой производительности сетей связи, анализом надежности распределенных систем и применением стохастических моделей в телекоммуникациях». Ордена Трудового Красного Знамени федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский технический университет связи и информатики» (МТУСИ) реализует передовую инженерную школу «Перспективные системы и технологии телекоммуникаций». МТУСИ обладает развитой экспертизой в области подготовки кадров по направлениям цифровой экономики и искусственного интеллекта: в апреле 2025 года по итогам конкурсного отбора Минцифры России и Аналитического центра университет включен в число вузов, обеспечивающих подготовку высококвалифицированных специалистов по ИИ до 2030 года, с присвоением уровня «Data Science». Исследования, близкие к тематике диссертации, отражены в публикациях ученых ведущей организации (д. ф.-м. н. Таташев А. Г., д. т. н. Яшина М. В., д. т. н. Саксонов Е. А., д. т. н. Степанов С. Н. и др.) в ведущих российских изданиях, таких как «T-Comm: Телекоммуникации и транспорт», «Электросвязь», «Компьютерные исследования и моделирование», «Системы управления и информационные технологии», «Russian Engineering Research» и др.

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

– разработана математическая модель системы массового обслуживания с фиксированным временем жизни заявок без накопителя, учитывающая прерывание обслуживания по истечении срока жизни за счёт введения модифицированной интенсивности выхода, агрегирующей время успешного обслуживания и принудительного ухода, что позволило получить аналитические оценки на основе адаптированных формул Эрланга;

– разработана математическая модель одноканальной системы массового обслуживания группового входного потока заявок с фиксированным временем жизни и наличием очереди, позволяющая выявить новые закономерности влияния управ-

ляющих воздействий на эффективность функционирования таких систем и найти момент времени и величину воздействия, обеспечивающие снижение потерь, обусловленных ограничением времени жизни заявок;

– введен пороговый показатель определения зоны эффективного управления системой с ограниченным временем жизни заявок; установлено, что при увеличении числа каналов обслуживания доля успешно обработанных заявок демонстрирует эффект насыщения, а ее предельное значение инвариантно к интенсивности входного потока и наличию очереди, определяется временем жизни заявки и средним временем обслуживания;

– введен и теоретически обоснован новый критерий оценки эффективности функционирования одноканальной системы массового обслуживания, функционирующей в условиях группового поступления заявок с ограниченным временем жизни;

– предложен численный алгоритм поиска момента времени и величины воздействия при формировании управленческих решений для достижения предельной эффективности системы по заданному экономическому критерию, реализованный в виде программного комплекса.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

– изложены основные положения, методы построения математических моделей систем массового обслуживания с ограниченным временем жизни заявок, алгоритмы их компьютерной симуляции;

– изучены зависимости относительной пропускной способности системы массового обслуживания от времени жизни заявок, установлены их критические уровни и определены области существенной чувствительности данного показателя;

– изучены возможности повышения эффективности функционирования одноканальной СМО группового потока заявок с фиксированным временем жизни и случайным обслуживанием; предложен способ определения оптимальных времени и уровня управляющего воздействия, которые позволяют достичь предельной эффективности системы по заданному критерию.

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

– определены перспективы практического применения разработанных положений и методов для решения прикладных задач управления на предприятиях машиностроительной отрасли и робототехники – при предварительной оценке эффективности роботизированных систем, определении минимально необходимого объёма резервных мощностей для обеспечения непрерывности производственных процессов, распределении нагрузки между оборудованием и реализации гибкой перестройки производственных систем без остановки производства;

– представлены рекомендации по применению полученных результатов для оценки эксплуатационных характеристик, разработке правил принятия решений,

при интеграции предложенных моделей с цифровыми платформами, искусственным интеллектом и интернетом вещей;

– создан комплекс программ для анализа динамики характеристик систем массового обслуживания с ограниченным временем жизни заявок, обеспечивающий расчет и обоснование целевых показателей эффективности их функционирования;

– разработаны и внедрены методы повышения эффективности использования производственных ресурсов, определения необходимых объемов их ввода и обоснованного планирования производственных мощностей в ООО «ТД ПОЛИХИМТРЕЙД» г. Казань.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

– применительно к проблематике диссертации результативно использованы методы теории массового обслуживания, методы математического анализа, методы имитационного моделирования систем;

– теория построена на известных и апробированных методах теории массового обслуживания. Достоверность полученных результатов диссертации подтверждается положительными результатами их практического внедрения в деятельности ООО ООО «ТД ПОЛИХИМТРЕЙД»;

– идея базируется на всестороннем анализе современного состояния прикладной теории массового обслуживания и актуальных методов математического моделирования систем с ограниченным временем жизни заявок.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии во всех этапах исследовательской работы: в разработке математических моделей систем массового обслуживания, получении ряда аналитических результатов, в разработке имитационных моделей систем массового обслуживания, получении ряда численных результатов, разработке комплекса программ, проведении вычислительных экспериментов, а также в написании научных статей и выступлениях с научными докладами.

В ходе защиты диссертации не было высказано критических замечаний.

Соискатель Шайдуллина Н. К. дала исчерпывающие ответы на все заданные в ходе заседания вопросы.

Рекомендации об использовании результатов диссертационного исследования.

Диссертационный совет рекомендует направить результаты диссертационного исследования Шайдуллиной Н. К. в Министерство промышленности и торговли Российской Федерации, Министерство промышленности и торговли Республики Татарстан, отечественным промышленным предприятиям.

Диссертационным советом сделан вывод, что рассматриваемая диссертация является законченной научно-квалификационной работой и соответствует п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» (Постановление Правительства РФ №842 от 24.09.2013 г., в действующей редакции).

На заседании 13 ноября 2026 года диссертационный совет принял решение за новые научно обоснованные технические решения и разработки повышения эффективности функционирования систем массового обслуживания сферы промышленной робототехники, материального распределения и исключения потерь, имеющие существенное значение для развития страны, присудить Шайдуллиной Наталье Константиновне ученую степень кандидата технических наук по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 8 докторов наук по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, участвовавших в заседании, из 15 человек, входящих в состав совета, проголосовал: за – 14, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель
диссертационного совета — Алексей Иванович Шинкевич

Ученый секретарь
диссертационного совета — Светлана Сергеевна Кудрявцева

13.11.2026г.