УТВЕРЖДАЮ
Проректор по научной работе
ордена Трудового Красного Знамени
федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего
образования «Московский технический
университет связи и информатики»
доктор технических наук, доцент

_____ Н.В. Клюев

«18» сентября 2025 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики» на диссертационную работу Шайдуллиной Натальи Константиновны «Моделирование систем массового обслуживания с ограниченным временем жизни заявок», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 1.2.2 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Актуальность темы диссертационного исследования

Актуальность исследования систем массового обслуживания с ограниченным временем жизни заявок обусловлена широким распространением таких процессов в современных высокотехнологичных и социально-экономических системах. В реальных условиях потоки информации, звонков или материальных объектов часто теряют свою ценность, если они не были обработаны в течение строго определенного интервала времени. С практической точки зрения это критично для проектирования беспроводных сетей связи 5G/6G, облачных вычислений, логистических цепочек со скоропортящимися товарами, а также для оптимизации работы колл-центров и экстренных служб. Игнорирование фактора «старения» заявок приводит к неверной оценке пропускной способности каналов, нерациональному расходу ресурсов и снижению качества обслуживания клиентов. Особое место в данном классе занимают системы с групповым поступлением заявок, в которых одновременный приход пакетов данных или партий грузов резко увеличивает риск мгновенной перегрузки каналов и массового истечения срока жизни требований, что требует создания принципиально новых математических моделей для точного прогнозирования лавинообразных потерь. Таким образом, математическое моделирование и разработка новых методов управления в подобных системах необходимы для предотвращения критических потерь данных и повышения экономической эффективности динамических систем.

В работе Шайдуллиной Н. К. представлены математические и имитационные модели СМО с ограниченным временем жизни заявок, которые позволяют анализировать результативность таких систем; предложен способ повышения экономической эффективности.

Характеристика диссертационного исследования

Работа посвящена комплексному исследованию теоретических и прикладных аспектов систем массового обслуживания с ограниченным временем актуальности требований. Она состоит из нескольких ключевых разделов, каждый из которых вносит значительный вклад в понимание исследуемой проблемы.

Диссертационное исследование состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы, включающего 148 литературных источников, и приложений. Совокупный объем диссертации исчисляется 141 страницей, включая 48 рисунков и 18 таблиц.

Во ***введении*** представлено обоснование актуальности выбранной темы исследования, сформулирована основная цель работы, определён перечень задач для ее достижения, показаны теоретическая и практическая значимость.

Первая глава посвящена истории развития теории очередей, описанию особенностей систем с ограниченным временем жизни заявок, сравнению методологий математического и имитационного моделирования, изложению фундаментальных основ последней.

Во ***второй главе*** изложена концепция построения математической модели одноканальной системы массового обслуживания с простейшим потоком заявок, время жизни которых случайно. Авторами ее являются известные математики, являющиеся основоположниками теории СМО в Советском Союзе Борис Гнеденко и Игорь Коваленко. Модель доведена диссертантом до расчетных механизмов, которые позволили решить задачу для определенных входных параметров. Результаты аналитического решения послужили эталоном для сравнения при проверке адекватности имитационной модели, построенной Шайдуллиной Н. К. и реализованной ею на языке C#.

Третья глава посвящена исследованию СМО с фиксированным ограничением времени жизни заявок. Приведена построенная автором математическая модель системы без очереди с пуассоновским входным потоком заявок, обладающая высокой практической применимостью. Результаты аналитического решения и работы имитационных алгоритмов показывают расхождение в третьем знаке после запятой, что говорит об адекватности симуляционной модели. Описаны результаты имитационных исследований различных СМО: с очередью и без нее, одноканальных и многоканальных, с ординарными и групповыми входными потоками заявок. Основным результатом явилось то, что найденное пороговое значение величины относительной пропускной способности системы в стационарном состоянии зависит только от суммарной производительности каналов обслуживания и времени жизни заявок, и не зависит ни от интенсивности входного потока, ни от его характера, ни от количества обслуживающих устройств.

В ***четвертой главе*** описано построение оригинальной математической модель СМО для обработки большого группового входного потока заявок с фиксированным временем жизни. Особенностью модели является введение экономического критерия эффективности системы. Постановка задачи предполагает поиск наилучшего момента и величины воздействия для максимально возможного повышения эффективности. Задача решается аналитически для детерминированных потоков обслуживания, имитационно – для случайных. Результаты решений имеют минимальное отклонение в рамках заданного критерия. Установлено, что система демонстрирует избирательную чувствительность к изменению своих параметров.

В ***заключении*** представлены результаты исследования, рекомендации по их практическому применению и перспективы дальнейшего развития данной темы.

Приложение содержит акт о внедрении результатов диссертационной работы и свидетельство о регистрации электронного ресурса, что подтверждает практическую значимость проведенного исследования.

Научная ценность результатов диссертационного исследования

Следующие результаты работы Шайдуллиной Н.К. обладают научной новизной:

1. На основе концептуальной модели одноканальной системы с очередью разработанной Б.В. Гнеденко и И.Н. Коваленко, получено аналитическое решение задачи нахождения основных характеристик СМО заявок с равномерно распределенным случайным временем жизни.

2. Построена новая оригинальная математическая модель СМО пуассоновского потока заявок с фиксированным временем жизни без накопителя.

3. Построена новая математическая модель одноканальной СМО большого группового входного потока заявок с фиксированным временем жизни с накопителем, эффективность работы которой определяется специальным экономическим показателем.

4. Разработаны, реализованы программно и верифицированы имитационные модели для СМО с ограниченным временем жизни заявок.

5. Установлено, что для СМО с ограниченным временем жизни заявок доля полностью обслуженных заявок зависит только от времени их жизни и суммарной интенсивности обслуживающих устройств.

6. Для одноканальной СМО с большим групповым входным потоком заявок и накопителем найдены время и величина управляющего воздействия на систему, которые обеспечивают максимум экономического критерия эффективности.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их достоверность

Теоретическая значимость работы определяется вкладом полученных результатов в развитие теории массового обслуживания и совершенствование методов математического и имитационного моделирования. Разработанные в диссертации теоретические положения и методический инструментарий расширяют возможности анализа функционирования систем массового

обслуживания с ограниченным временем жизни заявок и позволяют обосновывать подходы к повышению эффективности их функционирования.

Теоретической основой для проведения диссертационного исследования послужили труды отечественных и зарубежных учёных в области теории массового обслуживания, математического моделирования и численных методов; нормативно-правовые акты и программы развития федерального уровня; официальные статистические данные, а также отчётность промышленных предприятий. Использование в работе официальных статистических и отчетных данных способствовало повышению степени обоснованности положений, выносимых на защиту. При решении теоретических и практических задач соискатель использовал методы системного анализа, математического аппарата теории массового обслуживания, имитационного моделирования, а также методы статистической обработки данных.

Достоверность выводов и предложений соискателя не вызывает сомнений. Разработанные автором модели, методики и алгоритмы прошли апробацию на базе ООО «ТД ПОЛИХИМТРЕЙД», что подтверждено соответствующей справкой о внедрении. Адекватность имитационных моделей подтверждена сравнением результатов их работы с аналитическими решениями.

Основные положения и результаты выполненных исследований докладывались и обсуждались на международных и всероссийских научно-практических конференциях. По теме диссертации опубликовано 11 научных работ, из них 8 статей в журналах из перечня рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК, 1 свидетельство о государственной регистрации электронного ресурса.

Таким образом, полученные в диссертации выводы и результаты являются научно обоснованными и достоверными.

Дискуссионные вопросы и замечания по диссертации:

Несмотря на отмеченные достоинства диссертации, считаем необходимым обратить внимание на некоторые дискуссионные моменты, замечания и пожелания:

1. Допущения о том, что все заявки группы приходят одновременно и имеют одинаковое фиксированное время жизни, не вполне соответствуют реальности. В реальных сетях пакеты внутри пачки поступают с задержками, а их актуальность меняется случайным образом. Учёт этих особенностей сделал бы модель более пригодной для оценки перегрузок и потерь в реальном сетевом оборудовании.

2. В диссертационном исследовании при решении задачи максимизации экономической эффективности системы был определён единственный момент принятия решения. Для более полного анализа целесообразно рассмотреть постановку задачи поиска оптимального числа таких моментов. Это замечание рекомендуется учесть для развития исследования.

3. Заслуживает положительные оценки то, что для имитационных экспериментов автор разработал свой программный продукт. Однако известны среды имитационного моделирования, которые хорошо себя зарекомендовали.

Почему автор не воспользовался одним из таких инструментов, например средой AnyLogic?

4. Учитывая динамический характер задачи управления СМО с ограниченным временем жизни заявок, целесообразно было бы сравнить предложенный подход с решениями на базе методов обучения нейронных сетей с подкреплением.

Указанные замечания и дискуссионные вопросы носят рекомендательный характер и не снижают общей высокой научной значимости результатов диссертационного исследования. Они могут рассматриваться как направления для дальнейшего развития предложенных автором подходов и расширения области их применения.

Практическая ценность результатов исследования

Практическая значимость работы состоит в том, что полученные автором результаты имеют существенную значимость в условиях реализации проектов по повышению эффективности систем массового обслуживания в производственных, информационных, телекоммуникационных, медицинских и торговых областях.

По результатам исследования разработаны и внедрены:

– математическая модель системы массового обслуживания пуассоновского потока заявок с фиксированным ограничением времени жизни без опции накопления очереди, позволяющая использовать её в инженерных расчётах;

– математическая модель одноканальной системы массового обслуживания группового входного потока заявок с ограниченным временем жизни с опцией накопления очереди;

– имитационные модели систем массового обслуживания с ограниченным временем жизни заявок, позволяющие находить характеристики систем с ожиданием и без него, одноканальных и многоканальных, с ординарным и групповым поступлением требований;

– методика оценки эффективности функционирования систем массового обслуживания с ограниченным временем жизни заявок.

Рекомендации по использованию результатов и выводов, приведенных в диссертации

Результаты диссертационного исследования Шайдуллиной Н. К. рекомендуется использовать по следующим направлениям:

– промышленным предприятиям машиностроительной отрасли и робототехники – при предпроектном анализе эффективности роботизированных систем, планировании минимальных резервных мощностей для бесперебойной работы, балансировке загрузки оборудования и обеспечении гибкой перенастройки производственных систем без остановки производства;

– научно-исследовательским институтам и инжиниринговым центрам – при разработке и внедрении программных и аппаратных средств управления роботизированными системами, а также при проведении НИОКР в области математического моделирования, численных методов и комплексов программ для анализа систем массового обслуживания с ограниченным временем жизни заявок;

– высшим учебным заведениям – при формировании учебно-методических материалов по дисциплинам в области теории массового обслуживания, имитационного моделирования, системного анализа и управления производственными процессами;

– органам отраслевого управления и институтам развития – при разработке и реализации политики в области развития промышленной робототехники и автоматизации производства, а также при формировании стратегий повышения эффективности функционирования систем массового обслуживания в медицинских, информационных, телекоммуникационных, производственных и торговых областях.

Перспективы дальнейшего использования результатов связаны с построением аналитических выражений для оценки эксплуатационных характеристик, формированием правил принятия решений для повышения эффективности, исследованием влияния законов распределения случайных величин и дисциплин обслуживания на показатели эффективности функционирования систем массового обслуживания с ограниченным временем жизни заявок, а также интеграцией предложенных моделей с современными информационными технологиями (цифровые платформы, искусственный интеллект, интернет вещей).

Заключение о соответствии работы критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней

На основании изложенного, считаем, что диссертация «Моделирование систем массового обслуживания с ограниченным временем жизни заявок» представляет собой логически завершенную научно-квалификационную работу, выполненную на актуальную тему, имеющую теоретическое и практическое значение для развития предприятий.

Диссертация Шайдуллиной Н. К. соответствует следующим пунктам паспорта научной специальности 1.2.2 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ: п.6. Разработка систем компьютерного и имитационного моделирования, алгоритмов и методов имитационного моделирования на основе анализа математических моделей (технические науки); п.8. Комплексные исследования научных и технических проблем с применением современной технологии математического моделирования и вычислительного эксперимента; п.9. Постановка и проведение численных экспериментов, статистический анализ их результатов, в том числе с применением современных компьютерных технологий (технические науки).

Автореферат диссертации и научные труды, опубликованные автором, соответствуют ее содержанию, выбранной проблематике и отражают основные положения работы.

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.

Отмеченное дает основание полагать, что диссертационная работа Шайдуллиной Н. К., выполненная на тему «Моделирование систем массового обслуживания с ограниченным временем жизни заявок», соответствует критериям, предъявляемым в отношении кандидатских диссертаций, которые установлены п. 9 Положения о присуждении ученых степеней (утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842, в действующей редакции), а ее автор Шайдуллина Наталья Константиновна заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Отзыв ведущей организации на диссертацию Шайдуллиной Н. К. «Моделирование систем массового обслуживания с ограниченным временем жизни заявок» обсужден и утвержден на расширенном заседании кафедры «Математическая кибернетика и информационные технологии» ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики» (МТУСИ), протокол № 1 от «15» сентября 2026 г.

Присутствовало на заседании 15 человек.

Результаты голосования: «за» - 15, «против» - 0, «воздержалось» - 0.

Заведующий кафедрой
«Математическая кибернетика
и информационные технологии»,
кандидат технических наук, доцент Михаил Геннадьевич Городничев
(специальность 05.13.17 –
Теоретические основы информатики) 18.09.2026г.

Подпись Городничева Михаила Геннадьевича удостоверяю:

Главный специалист отдела кадров С.С. Нуралина

ОТДЕЛ КАДРОВ МТУСИ

Ордена Трудового Красного Знамени федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский технический университет связи и информатики» (МТУСИ)
Адрес: 111024, Москва, ул. Авиамоторная, 8А.
Тел.: +7 495 957-77-31.
e-mail: mtuci@mtuci.ru.
Официальный сайт: https://mtuci.ru.

Вход. № 05-9212
«28» 10 2026 г.
подпись