В диссертационный совет 24.2.312.08, созданный на базе ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет»

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

кандидата технических наук, доцента, доцента кафедры автоматизированных систем обработки информации и управления ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ» Мокшина Владимира Васильевича 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

Системы массового обслуживания с ограниченным временем жизни заявок используются для описания процессов, в которых заявка сохраняет ценность только в течение определённого периода. Такие ограничения отражают реальную природу процессов: время здесь — не абстрактный параметр, а жёсткое условие жизнеспособности заявки. Наличие ограничения по времени жизни существенно меняет динамику очереди и требования к управлению ресурсами. При высокой нагрузке увеличение числа обслуживающих устройств не всегда приводит к пропорциональному росту эффективности. С другой стороны, чрезмерное резервирование ресурсов повышает эксплуатационные затраты и может приводить к их неполному использованию. Анализ таких систем позволяет устанавливать рациональное число каналов обслуживания, выбирать дисциплину очереди и оценивать последствия изменения интенсивности поступления заявок. Особую актуальность эта задача приобретает при проектировании систем, работающих в условиях переменной нагрузки и ограниченных вычислительных или материальных ресурсов.

Содержание работы

Диссертация включает введение, четыре главы, заключение, список литературы, включающий 148 литературных источников, и приложения. Общий объем диссертации составляет 139 страниц, включая 48 рисунков и 18 таблиц.

Во введении обоснована актуальность темы работы, обозначены цель и задачи исследования.

В первой главе рассмотрены этапы становления и развития теории систем массового обслуживания, представлена классификация СМО и выделены особенности систем с ограниченным временем пребывания заявок. Проведён анализ применимости аналитических методов к решению практических задач, обоснован выбор средств имитационного моделирования, а также изложены основные положения соответствующей методологии.

Во второй главе изложена концепция математической модели одноканальной системы массового обслуживания с простейшим потоком заявок Б. В. Гнеденко и И. Н. Коваленко. Выполнена её формализация до уровня, позволяющего проводить расчёты. Получено аналитическое решение задачи нахождения характеристик СМО заявок с равномерно ограниченным временем жизни. Разработана имитационная модель для решения такого класса задач, выполнена верификация её программной реализации путем сопоставления полученных результатов с аналитическими расчетами.

В третьей главе представлена построенная автором оригинальная математическая модель СМО пуассоновского потока заявок с фиксированным ограничением времени жизни с отказами. Описаны алгоритмы работы имитационных моделей и результаты экспериментов для одноканальных и многоканальных систем с ординарными и групповыми входными потоками, с очередью и без нее.

В четвертой главе представлена построенная автором математическая модель одноканальной СМО группового потока заявок с фиксированным ограничением времени жизни с очередью. Предложен экономический критерий оценки эффективности функционирования такой системы. Для

детерминированного потока обслуживания построено аналитическое решение задачи нахождения максимально возможного значения этой оценки. Для случайных потоков решение получено имитационным путем.

Научная новизна и теоретическая значимость результатов

Научная новизна и теоретическая значимость результатов диссертации заключаются в следующем:

Разработана оригинальная математическая модель системы массового обслуживания пуассоновского потока заявок с фиксированным ограничением времени жизни и без образования очереди, основанная на новом аналитическом аппарате. Данный подход позволяет значительно упростить инженерные расчёты характеристик систем с фиксированным временем жизни заявок.

Предложена оригинальная математическая модель одноканальной СМО с групповым входным потоком, ограниченным временем жизни заявок и очередью. В модели введен специализированный критерий эффективности функционирования, на основе которого решается задача определения времени и величины управляющих воздействий для максимизации данного показателя. С её помощью можно рассчитывать оптимальные параметры управляющих воздействий, обеспечивающих максимальный рост эффективности функционирования системы.

На базе концептуальной модели одноканальной системы массового обслуживания с ожиданием и случайным временем жизни заявок, предложенной Б.В. Гнеденко и И.Н. Коваленко, получено аналитическое решение задачи вычисления ключевых характеристик СМО при простейшем входном потоке, экспоненциальном времени обслуживания и равномерном распределении времени жизни заявок. Оно может использоваться для верификации имитационной модели и одновременно отражает вычислительную трудоёмкость аналитического решения, подтверждая целесообразность применения имитационного моделирования в качестве основного метода исследования подобных систем.

Разработаны и программно реализованы на языке C# имитационные модели СМО с ограниченным временем жизни заявок, обеспечивающие вычисление основных характеристик для широкого класса систем: с ожиданием и без него, одноканальных и многоканальных, с одиночным и групповым поступлением требований. Полученный инструментарий расширяет возможности анализа систем массового обслуживания, обеспечивая исследование широкого спектра конфигураций с учетом фактора ограниченной актуальности требований.

Обнаружено пороговое значение времени жизни заявок в СМО, задающее зону параметров, где возможно эффективное управление системой. Для потоков с ограниченным временем жизни доля полностью обслуженных заявок при увеличении числа каналов выходит на насыщение: предельное значение слабо зависит от интенсивности входного потока и определяется временем жизни заявки и средним временем обслуживания. Полученные результаты обеспечивают возможность проведения предварительного анализа эффективности системы на этапе концептуального проектирования.

Установлены оптимальные момент и величина управляющего воздействия на одноканальную СМО группового входного потока заявок с фиксированным времени жизни и случайным обслуживанием, обеспечивающие максимальную эффективность функционирования системы согласно специальному экономическому критерию. Полученные результаты дополняют аналитические методы исследования систем массового обслуживания, обеспечивая возможность определения параметров управления для конфигураций, полное аналитическое исследование которых невозможно.

Практическая ценность полученных результатов

Полученные результаты могут быть применены в широком спектре предметных областей, включая телекоммуникации, транспорт, промышленное производство, энергетику, здравоохранение, банковскую сферу, торговлю, логистику, сферу обслуживания, информационные технологии и системы управления. Также результаты могут использоваться при проектировании и

оптимизации систем, в которых заявки имеют заданный срок актуальности и исключаются из процесса обслуживания по его истечении.

Степень обоснованности и достоверности полученных результатов

Обоснованность основных положений, выводов и рекомендаций обеспечивается корректной формулировкой исследовательских задач, строгим выполнением математических преобразований и сопоставлением полученных результатов с известными частными случаями, представленными в работах других авторов.

Подтверждение опубликования основных результатов диссертации в научной печати

Основные научные результаты диссертации получили необходимое отражение в опубликованных работах, включая 8 статей в журналах, входящих в Перечень российских рецензируемых научных изданий, рекомендованных для публикации основных результатов диссертационных исследований на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук, а также 3 публикации в журналах и сборниках материалов всероссийских и международных научных конференций. Кроме того, разработанный программный продукт прошел официальную регистрацию.

Замечания по содержанию диссертации

По содержанию работы можно высказать следующие замечания:

1. В рамках диссертационного исследования рассматриваются исключительно экспоненциальный закон распределения интервалов времени между поступлением заявок (групп заявок).

2. В работе рассматривается жесткий таймаут, после которого заявка безвозвратно отбрасывается. Рассмотрение возможности перехода от бинарной модели «годен/не годен» к модели с градиентной функцией потерь, зависящей от времени ожидания, значительно бы повысило прикладную полезность работы для современных систем обработки визуальных данных.

3. В классической СМО потеря заявки влияет только на общую вероятность отказа или среднюю длину очереди. В системах машинного зрения потеря конкретной заявки может иметь непропорционально высокие

издержки. Поэтому с целью повышения прикладной полезности для систем обработки изображений полезно было бы рассмотреть заявки с приоритетом.

4. В работе не приведена оценка времени выхода имитационной модели на стационарный режим. Было бы полезно показать, как длительность переходного режима зависит от параметров системы.

Отмеченные недостатки носят частный характер и не снижают общей высокой оценки диссертации. Ключевым достижением работы является создание комплекса средств для исследования систем, описываемых моделями массового обслуживания заявок с ограниченным временем жизни. Автор провел масштабный анализ режимов работы СМО, опираясь на современные технологии математического моделирования и численного эксперимента. Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 11 научных трудах, доложены на ряде научных конференций. Представленный автореферат в полной мере и без искажений передает суть основных положений и результатов диссертации. Оформление диссертации и автореферата полностью удовлетворяет нормативным требованиям Высшей аттестационной комиссии.

Соответствие работы требованиям ВАК Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, предъявляемым к диссертациям

Работа в полной мере соответствует требованиям Высшей аттестационной комиссии при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации, предъявляемым к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата технических наук. Оформление диссертации соответствует всем предъявляемым к данному типу работ требованиям.

Диссертация написана самостоятельно, включает в себя совокупность новых научных результатов и положений, выдвигаемых автором для публичной защиты, и свидетельствует о приращении научного знания в исследуемой области, содержит сведения о практическом использовании полученных результатов. Исследование отличает внутреннее единство и

строгая аргументированность выводов и предложений. В процессе работы над диссертацией Шайдуллиной Н. К. проведен значительный объем вычислительных экспериментов, что позволило получить ряд нетривиальных результатов, которые, несомненно, будут полезны для решения теоретических и прикладных задач.

Автореферат в полной мере отражает основное содержание диссертации.

Содержание диссертации соответствует формуле и пунктам области исследования паспорта 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).

Представленное Шайдуллиной Н. К. диссертационное исследование на тему «Моделирование систем массового обслуживания с ограниченным временем жизни заявок» является законченной научно-квалификационной работой, в которой предложена совокупность математических моделей, численных методов и программных средств для комплексного анализа систем массового обслуживания с ограниченным временем жизни заявок, что имеет существенное значение для развития научных подходов к проектированию и моделированию систем массового обслуживания и повышению эффективности промышленных предприятий и смежных отраслей экономики.

Считаю, что диссертационная работа Шайдуллиной Натальи Константиновны «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 (утв. Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 (в действующей редакции)), а ее автор Шайдуллина Наталья Константиновна заслуживает присуждения унёной степени кандидата технических наук по специальности 1.2.2 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Официальный оппонент:
Доцент кафедры автоматизированных систем обработки информации и управления ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», кандидат технических наук, доцент

Мокшин Владимир Васильевич

«20» октября 2026г.

Шифр научной специальности, по которой защищена кандидатская диссертация – 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ»
Адрес: 420111, Российская Федерация, г. Казань, ул. К. Маркса, 10.
Тел.: +7 (843) 231 01 09. E-mail: Vladmir.mokshin@mail.ru

Подпись Мокшина В.В.
заверяю. Начальник управления делопроизводства и контроля
20.10.2026

Вход. № 05-9209
«27» 10 2026 г.
подпись