

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

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Антоновой Полины Валерьевны
«Методы моделирования систем массового обслуживания с ограниченным
временем пребывания заявки в очереди и временем обслуживания,
распределенным по закону Эрланга», представленную на соискание учёной
степени кандидата технических наук по специальности 1.2.2 Математическое
моделирование, численные методы и комплексы программ

Актуальность темы диссертационного исследования

Прогресс высоких технологий в сфере инфокоммуникаций ставит перед исследователями новые задачи. Наличие разнородных потребительских запросов в сочетании с множеством предоставляемых интерактивных услуг и высокоскоростным доступом в интернет приводит к необходимости совместного обслуживания различных классов трафика создания новых технических решений, позволяющих обеспечить оптимальное использование и управление данными ресурсами. В условиях постоянного роста требований к эффективности устройств, применяемых в системах передачи и обработки информации, актуально их исследование с помощью построения математических моделей. Случайный характер процессов формирования, обработки и передачи данных обуславливает необходимость применения стохастических моделей, в качестве которых широко используются модели массового обслуживания в виде систем массового обслуживания (СМО) различной конфигурации.

Отличительной особенностью моделей, рассматриваемых в диссертационной работе Антоновой П. В., является наличие «срока жизни» у заявок, то есть с ограниченным временем пребывания заявки в системе. По отношению к процессам в информационных системах это означает, что передаваемое требование уже неактуально и оно покидает очередь без

обслуживания. Такие модели в литературе называются «СМО с нетерпеливыми заявками». Выявление и исследование влияния подобных аспектов поведения на качество работы позволяет заранее спланировать и подготовить сеть таким образом, чтобы снизить потери вызовов на ее участках. Анализ вероятностно-временных характеристик таких моделей имеет большое значение при оптимизации процессов обслуживания в социальной сфере, например, при организации «электронной очереди». Поэтому исследование моделей СМО с ограниченным временем пребывания заявки в очереди и временем обслуживания, распределенным по закону Эрланга, является актуальной научной задачей, решение которой позволит осуществлять обоснованное планирование и оптимизацию реальных инфокоммуникационных систем, обеспечивающих предоставление запрашиваемых сервисов с заданными параметрами обслуживания.

В диссертационной работе П.В. Антоновой проведено комплексное исследование СМО, в которых имеют место как ожидания, так и ограничения по времени пребывания заявки в очереди, что особенно ценно с точки зрения их возможных технических приложений для широкого круга объектов.

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

Достоверность основных положений, выводов и рекомендаций подтверждается адекватностью выбранных математических моделей, корректным использованием математического аппарата, включающего методы теории вероятностей, марковских случайных процессов, теории массового обслуживания, численных методов. Достоверность также подтверждается фактом реализации объёмных численных экспериментов, а также сравнением их с результатами проведённого автором имитационного моделирования ряда важных случаев.

Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, обоснованы, обеспечены ссылками на соответствующие источники литературы, базу статистических данных, отчётность предприятия.

Основные результаты диссертационной работы достаточно полно отражены в известных печатных изданиях, в том числе 5 статьях, опубликованных в журналах, включенных в Перечень российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы

основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук, 1 статье в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в МБД Scopus, 4 работах в журналах и сборниках трудов всероссийских и международных конференций, зарегистрировано 2 электронных ресурса.

Научная новизна полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

В диссертации получены следующие **основные** новые научные результаты, определяющие теоретическую ценность проведенного исследования:

1. Представлена новая математическая модель СМО смешанного типа, в которой время обслуживания распределено по эрланговскому закону. Модель позволяет задать временные рамки нахождения заявок в очереди и указать количество фаз обслуживания.
2. Решена задача математической формализации, описывающая свойства открытой одноканальной СМО смешанного типа с эрланговским распределением времени обслуживания в стационарных и нестационарных режимах.
3. Предложен метод исследования математических моделей СМО, основанный на поиске граничных значений числа фаз обслуживания. Предложенный метод позволяет найти требуемое количество фаз обслуживания, обеспечивающее заданный уровень качества обслуживания, которое может быть оценено с помощью коэффициента вариации различных характеристик СМО.
4. Выявлено, что граничные значения числа фаз обслуживания, обеспечивающие стабильный режим по длине очереди, логарифмически связаны с изменением приведенной интенсивности входного потока заявок.
5. Разработан набор специализированных программных средств для решения задач по расчету ключевых характеристик СМО и оценки её эффективности.
6. Разработана имитационная модель СМО смешанного типа, с эрланговски распределенным временем обслуживания, с использованием среды AnyLogic (PLE - Personal Learning Edition).

7. Разработана метамодель, аппроксимирующая ключевые характеристики СМО на основе методов машинного обучения. Метамодель позволяет оперативно оценивать производственные показатели системы по заданным входным параметрам без проведения ресурсоёмких имитационных экспериментов, что значительно ускоряет процесс анализа.

Теоретическая и практическая значимость работы

Значимость теоретических результатов работы заключается в применении математического аппарата ТМО и методов машинного обучения для исследования процессов, происходящих в современных телекоммуникационных сетях, учитывающих «срок жизни» сообщений и их многоэтапную обработку. Ряд полученных результатов может быть использован в учебном процессе при чтении курсов теоретического и прикладного характера, в том числе по теории массового обслуживания в классических университетах и по теории телетрафика в профильных университетах.

Дискуссионные положения работы, замечания и рекомендации:

1. В главе 2 при несомненной тщательности вывода формул, материал следовало бы дополнить анализом влияния параметров обслуживания на характеристики. Например, привести результаты имитационного моделирования при аппроксимации времени обслуживания различными законами распределения.

2. В главе 3 проведен численный анализ граничных значений числа фаз обслуживания, но некоторые результаты требуют более подробного пояснения. Например, аналитического обоснования установленной автором логарифмической зависимости граничных значений параметров системы в главе 3.

3. В работе проводится анализ модели в предположении пуассоновских потоков. Представляется интересным проанализировать характеристики систем для рекуррентных входящих потоков, хотя бы с помощью имитационного моделирования.

4. Большинство полученных результатов опубликовано в журнале «Научно-технический вестник Поволжья». Автору, как современному ученому,

следует более активно представлять результаты на профильных конференциях, в том числе зарубежных, а также расширить «географию» журналов.

5. В резюме по главам следовало бы указать ссылки на опубликованные работы автора. В заключении диссертации стоило бы сделать выводы по всей диссертационной работе в целом, то есть отразить то, что отличает работу от ранее выполненных исследований по теме диссертации.

Указанные замечания не уменьшают общее благоприятное впечатление от работы и ее значимость. В диссертации теоретическая глубина исследования удачно сочетается с убедительно проведенными численными экспериментами.

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

Область диссертационного исследования соответствует следующим пунктам паспорта научной специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (технические науки): п.6. Разработка систем компьютерного и имитационного моделирования, алгоритмов и методов имитационного моделирования на основе анализа математических моделей; 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.

Диссертационная работа Антоновой Полины Валерьевны является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технические решения по повышению эффективности функционирования систем массового обслуживания с ограниченным временем пребывания заявки в очереди и временем обслуживания, распределенным по закону Эрланга, что имеет существенное значение для развития страны

Диссертация обладает внутренним единством, отличается научной новизной и существенным исследовательским вкладом.

Автореферат правильно и достаточно полно отражает основное содержание и результаты диссертационной работы. По форме как диссертация, так и автореферат, соответствуют требованиям ВАК.

На основании вышеизложенного можно заключить, что диссертационная работа Антоновой Полины Валерьевны «Методы моделирования систем массового обслуживания с ограниченным временем пребывания заявки в очереди и временем обслуживания, распределенным по закону Эрланга» соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении учёных степеней (утверждено постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842; в действующей редакции), предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, Антонова Полина Валерьевна, заслуживает присуждения ей учёной степени кандидата технических наук по специальности 1.2.2 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Официальный оппонент,

Заведующий кафедрой теории вероятностей и математической статистики федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», доктор физико-математических наук, (05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ), профессор



Моисеева Светлана Петровна

03.06.2025

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет».

Адрес: 634050, Российская Федерация, г. Томск, пр. Ленина, 36.

Тел.: +7 (3822) 529 585.

Факс: +7 (3822) 529 585.

E-mail: rector@tsu.ru.

Страница в интернете: <http://www.tsu.ru>.

Подпись Моисеевой С.П. заверяю

Ученый секретарь Ученого совета ТГУ

« 03 » июня 2025 г.



/ О.В. Бухарова

Вход. № 05-8469
« 9 » 06 2025 г.
подпись 