

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

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук, профессора Тарасова Вениамина Николаевича 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.

Системы массового обслуживания потоков требований случайного характера активно распространяются в наиболее инновационные области современных приложений, такие как, например, телекоммуникационные системы, объекты транспортной инфраструктуры, различные логистические объекты, а также различные пункты обслуживания населения. Представленная на отзыв работа посвящена проблеме очередей и организации процесса обслуживания в системах массового обслуживания смешанного типа довольно широкого спектра, в которых имеют место и ожидания, и ограничение по времени ожидания обслуживания заявки в очереди. В работе изучаются эксплуатационные особенности стационарного и нестационарного режимов функционирования системы, в частности изменение числа фаз обслуживания с изменением интенсивности потока поступающих заявок. При этом численным путем определяются некие граничные значения числа обслуживающих фаз, при которых среднеквадратические отклонения типовых числовых параметров системы не выходят за пределы их математических ожиданий, а значит и сама система работает стабильно и предсказуемо. В результате подобного анализа

становится ясно, как будет вести себя система при определенной совокупности входных параметров (внешних условий), и что нужно сделать еще на этапе проектирования, чтобы система работала стабильно и предсказуемо. Поскольку проведенное в работе исследование носит ярко выраженный прикладной характер, изученная проблема является, на мой взгляд, весьма актуальной.

Содержание работы

Диссертация включает введение, четыре главы, заключение, список литературы, включающий 95 литературных источников, и приложение. Общий объем диссертации составляет 126 страниц, включая 46 рисунков.

В первой главе приводится обзор и анализ литературных источников, результатов научных исследований, ранее выполненных по теме диссертации, дается характеристика предметной области и приводится постановка задачи.

Вторая глава содержит аналитические результаты, полученные при формализации основных стационарных и нестационарных характеристик СМО с ограниченным временем ожидания в очереди и эрланговским распределением времени обслуживания. Были получены аналитические выражения для основных числовых и вероятностных характеристик модели, а также значения производящей функции, которая позволяет вычислить основные нестационарные характеристики модели. С использованием преобразования Лапласа и последующего его обращения была получена производящая функция, что позволяет вычислить основные нестационарные характеристики модели. Эти результаты обеспечивают теоретическую основу для последующего построения метамоделей и проведения имитационных исследований, направленных на повышение эффективности и адаптивности систем массового обслуживания в реальных условиях эксплуатации

В третьей главе представлен метод исследования СМО смешанного типа с эрланговским распределением времени обслуживания. Метод основан на определении критических значений числа фаз обслуживания, при которых система поддерживает стабильный режим работы. Для исследования

разработана программа, с помощью которой был проведен ряд вычислительных экспериментов. Результаты представлены в виде графиков для различных приведенных интенсивностей модели СМО. Была обнаружена логарифмическая зависимость количества фаз обслуживания от скорости поступления заявок.

В четвертой главе рассмотрены принципы разработки многоканальной СМО с ограниченной очередью в виде программного продукта, реализованного на платформе .NET с использованием языка программирования C#. Особое внимание уделено высокопроизводительной обработке данных и параллельным вычислениям. Предлагаются архитектурные решения для реализации многоканальной СМО, обсуждаются основные компоненты системы, включая очередь, каналы обработки и механизмы управления заявками. Интеграция Parallel Framework в процесс разработки многоканальной СМО с ограниченной очередью позволяет оптимизировать распределение ресурсов и снизить время ожидания в системе. Приводятся примеры кода, которые демонстрируют аспекты реализации многопоточности и использование конкурентных коллекций для эффективного управления заявками в очереди.

Рассматриваются возможности для дальнейшего развития разработки многоканальных СМО на платформе .NET, учитывая постоянно меняющиеся требования и технологические возможности.

Особое внимание уделяется возможности расширения полученных результатов для использования не только для представленной модели $M/E_r/1$, но и для многоканальных моделей.

Научная новизна и теоретическая значимость результатов

Основные результаты, обладающие научной новизной и определяющие теоретическую ценность диссертационного исследования:

- Разработана новая математическая модель СМО, отличающаяся от известных моделей сочетанием свойств СМО с ограниченным временем ожидания заявки в очереди и СМО с временем обслуживания, распределенным по закону Эрланга.

- Получены общие формулы для характеристик открытой одноканальной СМО смешанного типа с эрланговским распределением времени обслуживания в стационарном и нестационарном режимах, позволяющие задавать временные рамки нахождения заявок в очереди и количество фаз обслуживания.

- Предложен новый метод исследования СМО с эрланговски распределенным временем обслуживания, отличающийся возможностью нахождения требуемого количества фаз, обеспечивающего заданный уровень качества обслуживания, которое может быть оценено с помощью коэффициента вариации различных характеристик СМО.

- Выявлено, что граничные значения числа фаз обслуживания, обеспечивающие стабильный режим по длине очереди, логарифмически связаны с изменением приведенной интенсивности входного потока заявок.

- Разработана имитационная модель СМО смешанного типа с использованием инструментальной среды AnyLogic PLE, а также метамодель, отличающаяся возможностью аппроксимации ключевых характеристик СМО на основе методов машинного обучения.

- Разработан комплекс специализированных программных средств, отличающийся возможностью расчета ключевых характеристик СМО смешанного типа и оценки её эффективности.

Практическая ценность полученных результатов

Представленные в работе результаты могут быть использованы в различных предметных областях, таких как телекоммуникационные, транспортные системы, производство, логистика, сфера обслуживания и др., а также при проектировании различного рода объектов, работающих по принципу систем массового обслуживания.

Степень обоснованности и достоверности полученных результатов

Достоверность основных положений, выводов и рекомендаций подтверждается корректностью постановок задач, строгостью выполнения

математических выкладок, а также проверкой полученных решений на соответствие известным частным случаям, описанным другими авторами.

Подтверждение опубликования основных результатов диссертации в научной печати

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 программных продукта.

Замечания по содержанию диссертации

По содержанию работы можно высказать следующие замечания:

1. Задача диссертационного исследования ограничена изучением только одноканальной модели СМО смешанного типа с ограниченным временем ожидания обслуживания заявки в очереди и эрланговски распределенным временем обслуживания.

2. Разработанный численный метод исследования математических моделей СМО с эрланговски распределенным временем обслуживания, основанный на определении граничных значений числа фаз обслуживания следовало описать в отдельном параграфе и подтвердить его новизну.

3. Установленная автором в главе 3 логарифмическая зависимость граничных значений числа фаз обслуживания от скорости поступления заявок не обладает общностью, поскольку значения коэффициентов a и b будут отличаться при различных значениях параметров модели.

4. В работе отсутствует список условных обозначений и сокращений.

Тем не менее, указанные замечания не снижают общего уровня диссертационной работы. В работе предложен и разработан новый математический метод исследования объектов и систем, работающих по принципу систем массового обслуживания. Проведено комплексное

исследование режимов работы СМО смешанного типа с применением современной технологии математического моделирования и вычислительного эксперимента. Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 10 научных трудах и доложены на ряде научных конференций. Автореферат правильно отражает основные положения и результаты диссертационной работы. По форме как диссертация, так и автореферат, соответствуют требованиям ВАК.

Следует отметить, что направленность диссертационного исследования на построение математических моделей, использование численных методов и разработка на этой основе комплекса программ, позволяют уверенно отнести его к специальности 1.2.2.

Общее заключение по диссертации

Представленная диссертационная работа обладает научной новизной, теоретической и практической ценностью, является законченной и самостоятельной научно-квалификационной работой, в которой решается актуальная для ряда предметных областей задача комплексного исследования систем массового обслуживания с ограниченным временем пребывания заявки в очереди и временем обслуживания, распределенным по закону Эрланга, которая заключается в создании математических моделей, численных методов и алгоритмов, и разработке на их основе комплекса программ для определения требуемого количества фаз обслуживания, при котором система будет функционировать наиболее стабильно и предсказуемо при определенной совокупности начальных условий, что имеет существенное значение для развития страны.

Считаю, 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 критериям, предъявляемым в отношении кандидатских диссертаций, которые установлены п. 9 Положения о присуждении ученых степеней (утв. Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842), а Антонова Полина Валерьевна заслуживает присуждения

Официальный оппонент, доктор технических наук, (05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ), заведующий кафедрой управления в технических системах ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики», профессор

16.05.2025

Ученый секретарь  ученого совета ПГУТИ

Н.А. Стефанова

Адрес: 443010, Российская Федерация, г. Самара, ул. Л. Толстого, 23.

Тел.: +7 (846) 228 00 13. E-mail: v.tarasov@psuti.ru, <https://www.psuti.ru>.

« 28 » 05, 2025 г.

ПОДПИСЬ