



**Российский университет
дружбы народов (РУДН)**

ул. Миклухо-Маклая, д. 6, Москва, Россия, 117198
ОГРН 1027739189323; ОКПО 02066463; ИНН 7728073720

Телефон: +7495 434 53 00, факс: +7495 433 15 11
www.rudn.ru; rudn@rudn.ru

27 05 2019
№ 0200-19-22/48

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор - Проректор по научной работе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов», доктор философских наук



Кирабаев Н. С.

«27» мая 2019 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации – федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов» – на диссертацию Осипова Олега Александровича «Сети массового обслуживания произвольной топологии с делением и слиянием требований», представленную к защите в Диссертационном совете Д 212.267.08, созданном на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности
05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Актуальность темы диссертации. Информационные системы с параллельной и распределённой обработкой данных в настоящее время получают всё большее распространение. Выполняемые в такой системе задачи делятся на подза-

дачи, которые распределяются по узлам системы и обрабатываются по отдельности с целью эффективного использования вычислительных ресурсов. Исходная задача считается выполненной только после завершения выполнения всех составляющих её подзадач. Структурная и функциональная специфика систем такого класса требует разработки новых эффективных моделей и методов для использования при решении задач анализа, синтеза и оптимизации.

Диссертационная работа О.А. Осипова посвящена исследованию стохастических моделей систем с распределёнными и параллельным принципами функционирования, а именно сетей массового обслуживания с делением и слиянием требований (fork-join queueing networks). При этом рассматриваемые сети имеют произвольную топологию, что является важным отличием от известных в настоящее время результатов, которые в своём большинстве посвящены только случаю топологии параллельных систем обслуживания. Однако для современных систем (вычислительные, телекоммуникационные), адекватными моделями которых являются сети массового обслуживания, такие частные виды топологии не позволяют учитывать все протекающие в указанных реальных системах процессы.

Таким образом, исследование математических моделей сетей массового обслуживания произвольной топологии с делением и слиянием требований является актуальной научной задачей. Именно построению указанного класса математических моделей и нахождению их характеристик посвящено исследование Осипова О.А.

Характеристика диссертационной работы по главам. Диссертация О.А. Осипова состоит из введения, четырех глав, заключения и списка используемой литературы. Текст работы изложен на 102 страницах. Список литературы включает 123 наименований.

Во введении диссертации описывается актуальность представленных исследований, проводимых в рамках диссертационной работы, определяются цель и задачи, обосновываются научная новизна, теоретическая и практическая значимость представляемой работы.

Первая глава содержит обзор известных результатов по теории сетей массового обслуживания с делением и слиянием требований. Основное внимание уделено сетям массового обслуживания с «классической» топологией, то есть с топологией параллельных систем обслуживания. Представлены приближённые и точные методы анализа сетей обслуживания. Обсуждаются известные частные случаи модификации топологии параллельных систем обслуживания. Приведены примеры использования сетей массового обслуживания с делением и слиянием требования в качестве математических моделей реальных систем. Для сетей, в которых отсут-

ствуется деление и слияние требований, приведены известные результаты, связанные с нахождением длительности пребывания требований в сети обслуживания.

Во второй главе рассматривается класс открытых сетей массового обслуживания произвольной топологии, который является развитием классических сетей массового обслуживания с делением и слиянием требований. Для реализации функций деления и слияния в сети вводятся различные типы систем: бесконечнолинейные базовые системы, дивайдеры, интеграторы. Формально определены процессы, происходящие с фрагментами требований в системах обслуживания, маршрутизация фрагментов. Для этих целей определены такие понятия как сигнатура фрагмента, вектор перемещений, ведущий элемент вектора перемещений.

Получены уравнения потоков фрагментов требований, показано, что длительность пребывания требований в рассматриваемой сети массового обслуживания с делением и слиянием требований имеет фазовое распределение. Для этой цели предложено рассматривать элементарные подсети массового обслуживания – подсети, при поступлении в которые, фрагмент не может быть разделен на дивайдере, а может быть произведено только лишь его объединение. Строится соответствующий процесс в виде цепи Маркова, отражающий переходы фрагментов требований в элементарной подсети. Вводится процедура редукции, последовательное применение которой позволяет свести изучаемую сеть с делением и слиянием требований в сеть Джексона. Для каждого описанного этапа анализа приведены подробные алгоритмы.

Для элементарной сети (т.е. сети, содержащей один дивайдер и интегратор) получен метод нахождения стационарного распределения. Для этого строится специальная сеть размещений, которая является сетью Джексона. Найдена связь между стационарными распределениями исходной сети с делением и слиянием требований и соответствующей сети размещений, сформулирован алгоритм построения соответствующей сети размещений.

Третья глава посвящена сетям обслуживания, зависящим от нагрузки.

Предполагается, что интенсивность обслуживания фрагментов каждым прибором базовой системы является экспоненциально распределенной случайной величиной, зависящей от интенсивности потока в эту систему. Показано, что сеть обслуживания данного типа является хорошим приближением для случая аналогичной сети обслуживания с одноприборными системами.

В этой же главе рассмотрена задача оптимизации для случая квазиэлементарной сети с делением и слиянием требований. Демонстрируется применение сети массового обслуживания с делением и слиянием требований в качестве модели се-

ти передачи данных с многопутевой маршрутизацией на примере протокола МРТСП.

Разработанный комплекс программ для численного и имитационного моделирования сетей обслуживания с делением и слиянием требований описан в *четвертой главе*. Описаны основные компоненты созданного программного комплекса. Также обсуждаются вопросы, связанные с уменьшением вычислительной сложности алгоритмов, предложенных в работе. На основе разработанного комплекса имитационного моделирования показана возможность использования предлагаемых автором подходов, связанных с анализом сетей обслуживания с одноприборными базовыми системами, оценена их точность.

Заключение резюмирует результаты, полученные в диссертационной работе, предложены возможные направления дальнейших исследований.

Научная новизна результатов работы

Предложены математические модели сетей массового обслуживания с делением и слиянием требований, позволяющие учитывать произвольную топологию, многократное деление и объединение фрагментов, зависимость маршрутизации от типа фрагментов, а также наличие сложных взаимосвязей между фрагментами одного требования, что позволяет повысить адекватность представления реальных систем с параллельным и распределённым принципами функционирования.

Для указанного класса сетей получены новые теоретические результаты, которые были сформулированы в виде теорем и утверждений: показано, что длительность пребывания требований в сети массового обслуживания произвольной топологии с делением и слиянием требований в случае бесконечноприборных базовых систем имеет фазовое распределение; получена форма стационарного распределения вероятностей состояний элементарной сети обслуживания с бесконечноприборными базовыми системами; для сетей обслуживания с одноприборными базовыми системами предложен подход для приближенного нахождения стационарных характеристик; проведено исследование точности получаемых характеристик посредством разработанного комплекса программ имитационного и численного анализа сетей массового обслуживания с делением и слиянием требований.

Достоверность основных научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается корректным использованием математического аппарата теории вероятностей, теории случайных процессов, теории массового обслуживания, согласованностью результатов, полученных в ходе аналитического и имитационного моделирования.

Практическая значимость результатов работы. Результаты диссертационной работы могут быть использованы для анализа и расчета характеристик сто-

частических систем с параллельным и распределенным принципами функционирования (GRID-системы, многопроцессорные системы, распределённые базы данных, компьютерные сети). Разработанный автором комплекс проблемно-ориентированных программ и алгоритмов моделирования процессов массового обслуживания может использоваться для выполнения расчетов соответствующих характеристик реальных технических систем.

Результат проверки в системе «Антиплагиат». Результат проверки диссертации Осипова Олега Александровича в системе «Антиплагиат» показал 71,66 % оригинального текста, при этом из 28,17 % текстуальных совпадений с другими источниками 16,73 % составляют совпадения с опубликованными статьями самого О.А.Осипова и в соавторстве с научным руководителем; 0,17 % составляет цитирование стандартов и руководящих документов, технической документации и спецификаций. Таким образом, после исключения данных источников из рассмотрения оригинальный текст автора составил 88,56 %. Оставшиеся 11,44 % текстуальных совпадений с источниками других авторов присутствуют в 107 источниках, не являются критичными и представляют собой общенаучные выражения, а также выражения и высказывания в рамках предметной области исследования, соответствующей тематике диссертации; общепринятые в рассматриваемой предметной области наименования, термины, словосочетания, используемые при постановке задач, формулировке и доказательстве лемм, теорем; совпадения по списку использованных источников и литературы; совпадения в наименованиях публикаций и их авторов, наименованиях научных конференций.

Полнота опубликования научных результатов и апробация.

По материалам диссертации опубликовано 9 работ, из них 3 статьи в журналах, входящих в Перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией при Минобрнауки Российской Федерации для опубликования основных научных результатов диссертации, 5 — в сборниках тезисов и материалов конференций, также получено 1 свидетельство о регистрации программы для ЭВМ.

Основные результаты работы докладывались и обсуждались на научных семинарах и конференциях. Все результаты диссертационного исследования достаточно полно отражены в опубликованных работах.

Замечания по диссертационной работе.

К работе имеются следующие замечания.

1. Актуальность работы не вызывает сомнения, вместе с тем автору следовало бы в ведении отразить вклад в развитие теории сетей массового обслуживания таких ведущих российских ученых как В.М. Вишневецкий, К.Е. Самуйлов,

А.А. Назаров, Ю.В. Малинковский, в развитие теории систем массового обслуживания фазового типа - П.П. Бочаров, В.А. Наумов, среди зарубежных ученых – М. Ньютс и др.

2. Диссертация содержит большое количество определений и утверждений, часть которых общеизвестна, хотя и полезна для исследованного в работе специального вида систем массового обслуживания фазового типа, как Утверждение 1 (стр. 38 диссертации, стр. 13 автореферата). Однако в дополнение следовало бы изложить общие подходы к решению изложенных в диссертации проблем.

3. В качестве недостатка следует указать громоздкость предложенной модели произвольной топологии с делением и слиянием требований. Представляется возможным упростить изложение за счет использования для произвольного i -узла СеМО обозначения $\langle F_i, S_i, J_i \rangle$, где компоненты F_i и J_i могут быть пустыми.

4. Все главы должны заканчиваться краткими выводами, которые подводят итоги исследований, а также ссылками на опубликованные работы автора. В заключении диссертации стоило бы сделать выводы по всей диссертационной работе в целом, в которых отразить основные отличия работы от ранее выполненных исследований по теме диссертации и перспективы дальнейшей разработки темы.

5. В диссертации при описании имитационной модели отсутствует подробное изложение алгоритмов для классов, соответствующих системам сети обслуживания. Автор ограничивается только лишь описанием структуры всех классов, а также алгоритмом работы ведущей программы.

6. В выражениях (3.1), стр. 56 диссертации, и (13), стр. 17 автореферата, следовало бы указать область допустимых значений для $\hat{\mu}_i$.

7. В работе имеются опечатки и стилистические погрешности. Также есть замечания по терминологии – напр., «бесконечноприборный» (стр. 6 диссертации, стр. 5 автореферата) вместо традиционного «бесконечнолинейный», «дивайдер» и «интегратор» - калька с английских терминов «divider» и «integrator» (стр. 31 диссертации, стр. 10 автореферата).

Отмеченные недостатки не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы Осипова О.А., в которой решена актуальная научная задача исследования математических моделей систем с параллельным и распределённым принципами обработки в виде сетей массового обслуживания с делением и слиянием требований произвольной топологии.

Общее заключение. Диссертационная работа «Сети массового обслуживания произвольной топологии с делением и слиянием требований» О. А. Осипова является законченной научно-исследовательской работой, посвященной актуальной научной проблеме, отличающаяся научной новизной и практической значимостью полученных результатов. По своему содержанию диссертация полностью соответствует критериям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, и удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, а ее автор, Осипов Олег Александрович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по указанной специальности.

Отзыв на диссертацию составлен профессором кафедры прикладной информатики и теории вероятностей доктором физико-математических наук по специальности 05.13.17 – Теоретические основы информатики, доцентом Гайдамака Юлией Васильевной, обсужден и одобрен на заседании научного заседания кафедры прикладной информатики и теории вероятностей РУДН, протокол № 0200-19-04/11 от 14 мая 2019 г.

Профессор кафедры прикладной информатики и теории вероятностей, доктор физико-математических наук (специальность 05.13.17 – Теоретические основы информатика)

Гайдамака
Юлия Васильевна

Профессор кафедры прикладной информатики и теории вероятностей РУДН, д.ф.-м. н. по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, профессор)

Севастьянов
Леонид Антонович

Декан факультета физико-математических и естественных наук, д.х.н. по специальности 02.00.03 – Органическая химия, профессор

Воскресенский
Леонид Геннадьевич