

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертационный совет Д 212.267.08, созданный на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», извещает о результатах состоявшейся 05 мая 2016 года публичной защиты диссертации Моисеева Александра Николаевича «Исследование математических моделей систем и сетей массового обслуживания с высокоинтенсивными непуассоновскими входящими потоками» по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ на соискание ученой степени доктора физико-математических наук.

Время начала заседания: 10-30.

Время окончания заседания: 13-10.

На заседании присутствовали 17 из 21 утверждённых членов диссертационного совета, в том числе 6 докторов физико-математических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ:

1. Поддубный В.В., доктор технических наук, 05.13.18, председатель диссертационного совета
2. Сущенко С.П., доктор технических наук, 05.13.11, заместитель председателя диссертационного совета
3. Скворцов А.В., доктор технических наук, 05.13.11, ученый секретарь диссертационного совета
4. Воробейчиков С.Э., доктор физико-математических наук, 05.13.18
5. Горцев А.М., доктор технических наук, 05.13.18
6. Горчаков Л.В., доктор физико-математических наук, 05.13.18
7. Дмитриев Ю.Г., доктор физико-математических наук, 05.13.18
8. Замятин А.В., доктор технических наук, 05.13.11
9. Змеев О.А., доктор физико-математических наук, 05.13.11
10. Кистенёв Ю.В., доктор физико-математических наук, 05.13.18
11. Костюк Ю.Л., доктор технических наук, 05.13.18
12. Кошкин Г.М., доктор физико-математических наук, 05.13.18
13. Нагорский П.М., доктор физико-математических наук, 05.13.18
14. Назаров А.А., доктор технических наук, 05.13.11
15. Смагин В.И., доктор технических наук, 05.13.18
16. Тарасенко В.Ф., доктор технических наук, 05.13.11
17. Янковская А.Е., доктор технических наук, 05.13.18

Заседание провел председатель диссертационного совета доктор технических наук, профессор Поддубный Василий Васильевич.

По результатам защиты диссертации тайным голосованием (результаты голосования: за присуждение ученой степени – 17, против – нет, недействительных бюллетеней – нет) диссертационный совет принял решение присудить А.Н. Моисееву учёную степень доктора физико-математических наук.

Заключение диссертационного совета Д 212.267.08

**на базе федерального государственного автономного образовательного
учреждения высшего образования**

«Национальный исследовательский Томский государственный университет»

Министерства образования и науки Российской Федерации

по диссертации на соискание ученой степени доктора наук

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 05.05.2016 г., № 163

О присуждении **Моисееву Александру Николаевичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени доктора физико-математических наук.

Диссертация **«Исследование математических моделей систем и сетей массового обслуживания с высокоинтенсивными непуассоновскими входящими потоками»** по специальности **05.13.18** – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ принята к защите 03.02.2016 г., протокол № 161, диссертационным советом Д 212.267.08 на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» Министерства образования и науки Российской Федерации (634050, г. Томск, пр. Ленина, 36, приказ о создании диссертационного совета № 937-648 от 23.05.2008 г.).

Соискатель **Моисеев Александр Николаевич**, 1971 года рождения.

Диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации на тему «Модальное управление многомерной динамической системой с параметрическими неопределенностями интервального типа» защитил в 1999 году в диссертационном совете при Томском государственном университете.

Работает в должности доцента кафедры программной инженерии в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» Министерства образования и науки Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре теории вероятностей и математической статистики федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» Министерства образования и науки Российской Федерации.

Научный консультант – доктор технических наук, **Назаров Анатолий Андреевич**, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», кафедра теории вероятностей и математической статистики, заведующий кафедрой.

Официальные оппоненты:

Малинковский Юрий Владимирович, доктор физико-математических наук (ученая степень доктора физико-математических наук присуждена решением Высшей аттестационной комиссии при Совете Министров СССР от 08 мая 1992 г., протокол № 18д/6), профессор, учреждение образования «Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины», кафедра экономической кибернетики и теории вероятностей, заведующий кафедрой

Цициашвили Гурами Шалвович, доктор физико-математических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт прикладной математики Дальневосточного отделения Российской академии наук, лаборатория вероятностных методов и системного анализа, заведующий лабораторией

Задорожный Владимир Николаевич, доктор технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования (на момент назначения официальным оппонентом – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования) «Омский государственный технический университет», кафедра автоматизированных систем обработки информации и управления, профессор

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное учреждение науки **Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук**, г. Москва, в своем положительном заключении, подписанном **Фархадовым Маисом Паша оглы** (доктор технических наук, лаборатория № 17 автоматизированных систем массового обслуживания и обработки сигналов, заведующий лабораторией), указала, что диссертация А.Н. Моисеева содержит новые научные результаты в области разработки методов исследования немарковских моделей массового обслуживания, в том числе – многомерных моделей, таких как многофазные системы массового обслуживания и сети обслуживания, что является решением актуальных и современных задач теории массового обслуживания, а также открывает новые перспективы в исследовании немарковских моделей обслуживания с неограниченным числом приборов. Помимо научной новизны разработанных моделей и методов исследования, практическую значимость представляет возможность их использования на практике для анализа и расчета характеристик реальных технических систем, а также для расчета мощностей вычислительных узлов при проектировании распределенных вычислительных систем. Разработанный автором комплекс проблемно-ориентированных программ и алгоритмов моделирования процессов массового обслуживания может использоваться для выполнения расчетов соответствующих характеристик реальных систем.

Соискатель имеет 109 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации – 49 работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях – 18 (из них 4 в журналах, индексируемых Web of Science и Scopus), монографий – 2, свидетельств о регистрации программных продуктов – 2, публикаций в сборниках материалов международных и всероссийских научных и научно-практических конференций – 27 (из них 5 публикаций в сборниках, индексируемых Web of Science и Scopus). Общий объем публикаций – 42,46 п.л., авторский вклад – 19,83 п.л.

Наиболее значительные работы по теме диссертации, опубликованные в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук:

1. Назаров А. А. Исследование открытой немарковской сети массового обслуживания $GI - (GI|\infty)K$ с высокоинтенсивным рекуррентным входящим потоком / А. А. Назаров, **А. Н. Моисеев** // Проблемы передачи информации. – 2013. – Т. 49, вып. 2. – С. 78–91. – 0,56 / 0,28 п.л.

2. **Моисеев А. Н.** Асимптотический анализ многофазной системы массового обслуживания с высокоинтенсивным рекуррентным входящим потоком потока / А. Н. Моисеев, А. А. Назаров // Автометрия. – 2014. – Т. 50, № 2. – С. 67–76. – 1,0 / 0,5 п.л.

3. **Моисеев А. Н.** Асимптотический анализ высокоинтенсивного полумарковского потока событий / А. Н. Моисеев, А. А. Назаров // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – 2013. – № 3 (29). – С. 109–115. – 0,5 / 0,25 п.л.

4. **Моисеев А. Н.** Асимптотический анализ системы массового обслуживания $MAR/GI/\infty$ с высокоинтенсивным входящим потоком / А. Н. Моисеев // Вестник Томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика. – 2015. – № 3 (32). – С. 56–65. – 1,25 п.л.

5. Мещеряков Р. В. Применение параллельных вычислений в имитационном моделировании сетей массового обслуживания / Р. В. Мещеряков, **А. Н. Моисеев**, А. Ю. Демин, В. А. Дорофеев, С. А. Матвеев // Известия Томского политехнического университета. – 2014. – Т. 325, № 5. – С. 99–109. – 1,28 / 0,26 п.л.

6. Назаров А. А. Распределенная система обработки данных физических экспериментов / А. А. Назаров, **А. Н. Моисеев** // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2014. – Т. 57, № 7. – С. 112–117. – 0,36 / 0,18 п.л.

7. Nazarov A. A. Analysis of the system $GI/PH/\infty$ with high-rate arrivals / A. A. Nazarov, **A. N. Moiseev** // Automatic Control and Computer Sciences. – 2015. – Vol. 49, Iss. 6, P. 328–339. – 0,56 / 0,28 п.л. – DOI: 10.3103/S0146411615060085

На автореферат поступило 10 положительных отзывов. Отзывы представили: 1. **Г.П. Башарин**, д-р техн. наук, проф., профессор кафедры прикладной информатики и теории вероятностей Российского университета дружбы народов, г. Москва, с замечаниями об отсутствии описания математической модели $MAR-$

потока, описания метода многомерных марковских процессов, четкой формулировки аспектов внедрения диссертационной работы. 2. **Е.А. Лебедев**, д-р физ.-мат. наук, проф., заведующий кафедрой прикладной статистики Киевского национального университета имени Тараса Шевченко, Украина, *с замечаниями* о необходимости подробного описания примера применения сетей массового обслуживания с бесконечным числом приборов для моделирования реальных процессов, о необходимости указания, что проводимые в работе исследования касаются систем с идентичными приборами. 3. **А.Н. Дудин**, д-р физ.-мат. наук, проф., заведующий научно-исследовательской лабораторией прикладного вероятностного анализа Белорусского государственного университета, г. Минск, *с замечанием* об отсутствии детального описания примеров реальных объектов, которые могут быть представлены с помощью моделей, предлагаемых в диссертации. 4. **А.З.о. Меликов**, д-р техн. наук, проф., чл.-корр. Национальной академии наук Азербайджана, заведующий лабораторией теории телетрафика Института систем управления Национальной академии наук Азербайджана, г. Баку, *без замечаний*. 5. **А.М. Матальцкий**, д-р физ.-мат. наук, проф., заведующий кафедрой стохастического анализа и эконометрического моделирования Гродненского государственного университета им. Янки Купалы, Республика Беларусь, *с замечаниями* о необходимости пояснения, как полученные результаты согласуются с другими приближенными методами исследования произвольных (немарковских) СМО, о том, что системы и сети массового обслуживания (СеМО) сами являются математическими моделями. 6. **А.А. Южаков**, д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой «Автоматика и телемеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета, *с замечаниями* о нарушенной последовательности рубрикации формул, о необходимости пояснения результатов сопоставления полученных автором результатов с известными методами расчета СеМО и о необходимости представления результатов адекватности полученных аналитических и имитационных моделей. 7. **О.Ю. Воробьёв**, д-р физ.-мат. наук, проф., профессор базовой кафедры вычислительных и информационных технологий Сибирского федерального университета, г. Красноярск, *с замечаниями* о необходимости

пояснения, какие именно результаты работы успешно применялись при решении ряда практических задач проектирования вычислительных систем, обоснованности выбора расстояния Колмогорова в качестве критерия близости распределений, об отсутствии наглядных примеров применения сетей массового обслуживания с бесконечным числом приборов для моделирования реальных процессов.

8. **И.И. Цитович**, д-р физ.-мат. наук, доц., главный научный сотрудник лаборатории № 1 им. М.С. Пинскера «Теория передачи информации и управления» Института проблем передачи информации им. А.А. Харкевича РАН, г. Москва, *с замечанием* о недостаточном представлении численной реализации разработанных теоретических методов.

9. **О.М. Тихоненко**, д-р техн. наук, проф., профессор факультета математики и естественных наук (школа точных наук) Университета кардинала Стефана Вышинского в Варшаве, Польша, *с замечаниями* о формулировке цели исследования, корректности применения термина «гауссовское распределение», пояснении обозначений и нумерации формул.

10. **В.А. Перминов**, д-р физ.-мат. наук, доц., профессор кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности Национального исследовательского Томского политехнического университета, *с замечанием* об отсутствии упоминания о том, как разработанные методы анализа могут быть применены для моделей с конечным числом обслуживающих приборов.

Авторы отзывов отмечают, что диссертация посвящена актуальной научной проблеме исследования систем и сетей массового обслуживания с непугассоновскими входящими потоками, а исследуемые в диссертационной работе модели имеют широкую область применения в реальных задачах, возникающих в телекоммуникационных сетях и финансово-экономических системах. Автору удалось получить новые аналитические результаты для рассматриваемых моделей, в том числе для немарковских сетей массового обслуживания, что является особенно важным достижением по теме исследований, а предложенный метод многомерного динамического просеивания имеет весомую теоретическую ценность, так как, в отличие от существующих подходов, позволяет решать задачи анализа многомерных моделей обслуживания с неограниченным числом приборов в узлах для случаев непугассоновских входящих потоков и неэкспоненциального обслуживания.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что **Ю.В. Малинковский** является выдающимся ученым в области теории сетей массового обслуживания; **Г.Ш. Цициашвили** является известным российским ученым в области теории массового обслуживания; **В.Н. Задорожный** является ведущим российским ученым в области математического и имитационного моделирования сетей массового обслуживания; **Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН** является крупным научным центром по математическому моделированию, анализу и проектированию телекоммуникационных сетей.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

решена важная научная проблема анализа моделей массового обслуживания, в том числе – моделей сетей обслуживания, выходящих за рамки классических, с непуассоновскими входящими потоками и произвольным временем обслуживания;

предложен оригинальный метод многомерного динамического просеивания, открывающий перспективы исследования широкого класса математических моделей реальных телекоммуникационных, экономических, технических систем и сетей;

предложено развитие метода асимптотического анализа для асимптотического условия высокой интенсивности входящего потока, в том числе и для случая многомерных моделей обслуживания, что позволяет проводить исследование систем и сетей массового обслуживания с непуассоновскими входящими потоками и неограниченным числом обслуживающих приборов различной конфигурации;

разработана методика вычисления оптимального числа приборов в узлах сети с конечным числом каналов, что является практически значимым результатом, так как позволяет решать важные задачи проектирования реальных распределенных вычислительных систем.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

предложен оригинальный метод многомерного динамического просеивания, который, в отличие от существующих подходов, позволяет решать задачи анализа многомерных моделей обслуживания с неограниченным числом приборов в узлах для случаев непуассоновских входящих потоков и неэкспоненциального

обслуживания и, таким образом, открывает перспективы для исследования различных немарковских моделей СМО и СеМО с неограниченным числом приборов, анализ которых до этого представлялся невозможным;

предложен модифицированный на многомерный случай метод выделения первого скачка, который может применяться при исследовании математических моделей многофазных СМО и сетей обслуживания с рекуррентным входящим потоком;

разработана модификация процедуры метода асимптотического анализа для ее применения в условиях высокой интенсивности входящего потока, в том числе и для многомерных моделей массового обслуживания.

Значение полученных соискателем результатов для практики подтверждается тем, что:

предложена методика применения результатов исследования сетей с неограниченным числом приборов в узлах для важной практической задачи проектирования сетей с конечным числом каналов, данная методика позволяет определять оптимальное число приборов в каждом узле сети, обеспечивающее заданный уровень информационной надежности сети в целом;

получены формулы для расчета параметров распределений, которые могут использоваться для анализа функционирования любых реальных систем, математическими моделями которых являются СМО и СеМО с неограниченным числом приборов;

разработан программный комплекс имитационного моделирования и численного анализа, который позволяет выполнять вычисление параметров вероятностных законов распределений для числа заявок в системе (сети), получать соответствующие эмпирические распределения, построенные на основе результатов имитационного моделирования, производить вычисление оптимального числа приборов в узлах сети;

указанные результаты *внедрены и использованы* в научно-практических разработках группы компаний «Инком», что позволило оптимизировать ряд структурных и ресурсных параметров созданных в Росгидромете РФ территориально-распределенных систем связи, мониторинга и управления.

Рекомендации об использовании результатов диссертационного исследования. Результаты работы предлагается использовать организациям для проектирования вычислительных сетей, систем распределенной обработки информации, а также для анализа функционирования таких систем и сетей. Теоретические результаты могут быть использованы для проведения научных исследований в более широком классе моделей массового обслуживания по сравнению с классическими подходами. Результаты диссертационного исследования и разработанное программное обеспечение целесообразно применить в учебном процессе при подготовке магистров по направлению «Прикладная математика и информатика».

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

корректность выводов и доказательств теорем;

согласованность результатов, полученных для разных моделей, как между собой, так и с известными в теории массового обслуживания результатами, а также многочисленными экспериментами с применением имитационного моделирования и численного анализа; качественное и количественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках по исследованию частных случаев рассматриваемых моделей массового обслуживания.

Научная новизна результатов исследования заключается в том, что:

построены математические модели высокоинтенсивных непуассоновских случайных потоков событий, таких как рекуррентный, МАР, полумарковский поток, и на их основе – модели систем и сетей обслуживания с входящими высокоинтенсивными потоками. Для моделей высокоинтенсивных непуассоновских потоков событий получены выражения для асимптотических распределений вероятностей числа событий, наступивших в потоке на интервале времени фиксированной длины;

разработан и предложен оригинальный метод многомерного динамического просеивания, предназначенный для исследования многофазных систем и сетей обслуживания с неограниченным числом приборов в узлах, который в отличие от существующих подходов позволяет выполнять анализ многомерных моделей с непуассоновскими входящими потоками и неэкспоненциальным обслуживанием;

разработана модификация метода выделения первого скачка для многофазных систем и сетей обслуживания с рекуррентным входящим потоком, обобщающая известную для однофазных СМО методику исследования на случай многомерных моделей;

модифицирован метод асимптотического анализа – для применения в анализе моделей с высокоинтенсивными входящими потоками, в том числе и в анализе многомерных моделей обслуживания;

получены выражения для стационарных асимптотических распределений вероятностей числа заявок в системах с неограниченным числом приборов, неэкспоненциальным обслуживанием и различными типами входящих высокоинтенсивных непуассоновских потоков;

получены выражения для многомерных стационарных асимптотических распределений вероятностей числа заявок на фазах системы многофазных СМО с неограниченным числом приборов, неэкспоненциальным обслуживанием и различными типами входящих высокоинтенсивных непуассоновских потоков;

получены выражения для многомерных стационарных асимптотических распределений вероятностей числа заявок в узлах сетей обслуживания с марковской маршрутизацией, неограниченным числом приборов, неэкспоненциальным обслуживанием и различными типами входящих высокоинтенсивных непуассоновских потоков;

разработана методика расчета оптимального числа приборов в узлах сетей обслуживания с конечным числом каналов на основе результатов анализа моделей сетей с неограниченным числом приборов в узлах, данная методика позволяет решать важные практические задачи, например, при проектировании распределенных вычислительных систем;

установлена область применимости полученных асимптотических результатов, что достигнуто с использованием разработанного комплекса проблемно-ориентированных программ и алгоритмов для численного анализа и имитационного моделирования сетей обслуживания с неограниченным числом приборов.

Личный вклад соискателя состоит в: получении всех результатов, изложенных в работе, а именно: разработке и применении методов исследования

моделей обслуживания с неограниченным числом приборов, выводе всех формул, формулировке и доказательстве всех представленных в диссертации теорем, разработке комплекса проблемно-ориентированных программ и алгоритмов моделирования процессов массового обслуживания, проведении статистического и численного анализа полученных результатов. Представление изложенных в работе результатов согласовано с соавторами.

Все критерии, установленные Положением о присуждении ученых степеней, которым должна отвечать диссертация на соискание ученой степени доктора наук, соблюдены. Диссертация соответствует пункту 9 Положения о присуждении ученых степеней, является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований решена крупная научная проблема разработки общих подходов и методов исследования немарковских моделей обслуживания, выходящих за рамки классических, имеющая важное значение для развития современных информационно-телекоммуникационных систем и компьютерных сетей с целью повышения эффективности их проектирования и функционирования. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

На заседании 05.05.2016 г. диссертационный совет принял решение присудить **Моисееву А.Н.** ученую степень доктора физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 6 докторов физико-математических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящих в состав совета, проголосовали: за – 17, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель
диссертационного совета



Ученый секретарь
диссертационного совета

 Поддубный Василий Васильевич

 Скворцов Алексей Владимирович

05 мая 2016 г.