

"УТВЕРЖДАЮ"



И.о. первого проректора-
по научной работе РУДН
В.А. Ромашенко

21.05.2025

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы» (РУДН) на основании решения, принятого на заседании кафедры теории вероятностей и кибербезопасности факультета физико-математических и естественных наук РУДН.

Диссертация «Метод анализа ресурсной модели с сигналами и его применение к расчету показателей эффективности высокочастотной мобильной сети» выполнена на кафедре теории вероятностей и кибербезопасности факультета физико-математических и естественных наук РУДН.

Маслов Александр Русланович, 1998 года рождения, гражданин России, в 2022 году окончил федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов» по направлению 02.04.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии».

С 01.10.2022 по 30.09.2025 г. обучался в аспирантуре РУДН по программе подготовки научно-педагогических кадров по направлению 1.2 «Компьютерные науки и информатика», 1.2.3 «Теоретическая информатика, кибернетика».

Документ о сдаче кандидатских экзаменов, соответствующий специальности 1.2.3 «Теоретическая информатика, кибернетика», выдан в 2025 году в РУДН.

Научный руководитель – Сопин Эдуард Сергеевич, кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры теории вероятностей и кибербезопасности федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы» (РУДН).

Название темы диссертационного исследования в окончательной редакции было утверждено на заседании Ученого совета факультета физико-математических и естественных наук РУДН, 18.02.2025, протокол № 0200-УСП-8.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Оценка выполненной соискателем работы.

В своем диссертационном исследовании Маслов Александр Русланович исследовал ресурсную модель с сигналами и повторными вызовами для расчета вероятностных характеристик высокочастотной мобильной сети. С этой целью была предложена и исследована модель обслуживания сессий в высокочастотной мобильной сети с учетом повторных вызовов из-за нехватки ресурсов. Для этого была выведена система уравнений равновесия и получено ее численное решение, позволяющие найти вероятностные характеристики системы. Также был предложен метод приближенного анализа вероятностных характеристик ресурсной системы массового обслуживания с сигналами. Кроме того, разработан комплекс программ аналитического вычисления показателей эффективности для численного и графического анализа точности метода приближенного расчета и влияния настойчивого поведения пользователей на вероятностные характеристики системы. С помощью разработанных вычислительных алгоритмов и программных средств проведен численный и графический анализ зависимости точности приближенного метода и влияния настойчивого поведения пользователей от входных параметров модели.

Личное участие соискателя в получении результатов, изложенных в диссертации, состоит в:

1. исследовании марковской модели ресурсной системы массового обслуживания с дискретными требованиями к ресурсу и повторными вызовами;
2. исследовании метода приближенного анализа вероятностных характеристик ресурсной системы массового обслуживания с сигналами;
3. исследовании модели обслуживания сессий в высокочастотной мобильной сети с учетом повторных вызовов из-за нехватки ресурсов;
4. разработке алгоритмов аналитического вычисления и их реализации в виде комплекса программ аналитического вычисления для анализа точности метода приближенного расчета и влияния настойчивого поведения пользователей на вероятностные характеристики системы;
5. проведении численного и графического анализа зависимости точности приближенного метода и влияния настойчивого поведения пользователей от параметров модели с помощью разработанных аналитических моделей.

Степень достоверности результатов проведенных исследований.

Достоверность полученных результатов обеспечивается их строгими математическими доказательствами.

Апробация работы.

Основные результаты диссертационной работы по мере их получения докладывались на всероссийской конференции с международным участием ИТТММ-2023, Москва, на всероссийском совещании по проблемам управления (2024 г.), Москва, а также на международной научной конференции DCCN-2024, Москва.

Новизна результатов проведенных исследований.

1. В РеСМО с повторными вызовами, в отличие от известных, было учтено снижение требований к ресурсам при повторной попытке поступления на обслуживание. Случайные величины требований заявок, поступающих с орбиты, определяются отличным от исходного распределения с меньшим математическим ожиданием.
2. В аналитическом виде получено стационарное распределение экспоненциально РеСМО с дискретными требованиями к ресурсу по цепи Маркова, вложенной по моментам окончания обслуживания. Показано, что распределение по цепи отличается от распределения по времени не только нормирующей константой, но также дополнительным множителем, зависящим от состояния системы.
3. Проведен анализ вероятностно-временных характеристик РеСМО с дискретными требованиями к ограниченному ресурсу и повторными вызовами. Ранее подобные системы не рассматривались. Получены формулы для ряда вероятностных характеристик модели, таких как вероятность обслуживания без ожидания, вероятность прерывания обслуживания и другие.

Теоретическая и практическая значимость работы.

Теоретическую значимость представляют разработанные в диссертации математические методы и вычислительные алгоритмы, предназначенные для приближенного анализа вероятностных характеристик ресурсной системы массового обслуживания с сигналами и аналитического анализа влияния настойчивого поведения пользователей на вероятностные характеристики системы. Полученные теоретические результаты работы представляют практическую значимость, так как они могут быть использованы операторами сетей связи и проектными телекоммуникационными компаниями для разработки оборудования для высокочастотных мобильных сетей.

Результаты работы включены в исследования по гранту РФФИ №22-79-10128 «Алгоритмы и модели обеспечения показателей качества обслуживания в беспроводных гетерогенных сетях шестого поколения» и по системе грантовой поддержки научных проектов РУДН 021937-2-000 «Модели математической теории телетрафика для анализа приоритетного обслуживания потокового и эластичного трафика в сетях новых поколений».

Ценность научных работ соискателя.

Разработанный соискателем комплекс аналитических моделей, а также результаты численных экспериментов могут быть использованы при проведении научных работ и в учебном процессе. Также по материалам диссертационного исследования в федеральной службе по интеллектуальной собственности зарегистрированы 2 программы для ЭВМ, которые предназначены для поддержки научно-исследовательских работ как вспомогательный прикладной программный инструмент для приближенного вычисления вероятностных характеристик ресурсной системы массового обслуживания с сигналами и для оптимизированного вычисления

вероятности блокировки во вложенной цепи Маркова. Эти программы могут представлять ценность в качестве аналитического и информационного средства поддержки различного рода решений для операторов сетей связи и специалистов, работающих в области высокочастотных мобильных сетей.

Соответствие пунктам паспорта научной специальности.

Диссертационное исследование соответствует следующим пунктам паспорта специальности 1.2.3 – «Теоретическая информатика, кибернетика»:

- п.11 «Распределенные многопользовательские системы»;
- п.12 «Модели информационных процессов и структур»;
- п.23 «Новые интернет - технологии, включая средства поиска, анализа и фильтрации информации».

Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем. Основные результаты по теме диссертации изложены в 4 печатных изданиях, индексируемых Web of Science и Scopus [1-4]. Получены 2 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ. Основные положения и результаты диссертации отражены в следующих опубликованных работах.

1. Sopin Eduard, Maslov Alexander, Begishev Vyacheslav, Samuyilov Konstantin, The impact of rate adaptation on user performance in 5G/6G mmWave/Sub-THz systems // IEEE Communications Letters. – 2023. – Vol. 27(11): 3 137-3 141. DOI: 10.1109/LCOMM.2023.3314269.
2. Сопин Э. С., Маслов А. Р., Шоргин В. С., Бегишев В. О., Моделирование настойчивого поведения пользователей в сетях 5G NR с адаптацией скорости и блокировками, Информатика и ее применения. – 2023. – Т. 17. – Вып. 3. – С. 25-32. DOI: 10.14357/19922264230304.
3. Alexander Maslov, Eduard Sopin, Konstantin Samouylov, Accurate approximation for resource queuing systems with losses and signals // Mathematics. – 2025. – Vol. 13(4), 619. – DOI: <https://doi.org/10.3390/math13040619>.
4. A. R. Maslov, E. S. Sopin, S. Ya. Shorgin, Convolution algorithm for evaluation of probabilistic characteristics of resource loss systems with signals // Lecture Notes in Computer Science. – 2025. – Pp. 289-299. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-80853-1_21.
5. Маслов А.Р., Сопин Э.С., Приближённое вычисление вероятностных характеристик ресурсной системы массового обслуживания с сигналами // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № RU2024687151/ 14.11.2024. Заявка № 2024687151, 23.10.2024.
6. Маслов А.Р., Сопин Э.С., Программа для оптимизированного вычисления вероятности блокировки во вложенной цепи Маркова // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № RU2024690584/ 16.12.2024. Заявка № 2024690584, 05.12.2024.

В написанных в соавторстве работах основные результаты, представленные в диссертации, получены Масловым Александром Руслановичем лично.

Текст диссертации был проверен на использование заимствованного материала без ссылки на авторов и источники заимствования. После исключения всех корректных совпадений иных заимствований не обнаружено.

Диссертационная работа Маслова Александра Руслановича рекомендуется к публичной защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.3 – «Теоретическая информатика, кибернетика».

Заключение принято на заседании кафедры теории вероятностей и кибербезопасности факультета физико-математических и естественных наук РУДН.

Присутствовало на заседании 28 чел.

Результаты голосования: «за» – 28 чел., «против» – 0 чел., «воздержалось» – 0 чел.

20.05.2025, протокол № № 0200-54/01-БУП-9.

Председательствующий на заседании:
Заведующий кафедрой теории вероятностей
и кибербезопасности,
доктор технических наук, профессор



К. Е. Самуйлов

Подпись удостоверяю.
Ученый секретарь Ученого совета
факультета физико-математических
и естественных наук РУДН,
кандидат физико-математических наук



И. С. Зарядов