

«УТВЕРЖДАЮ»

Первый проректор -
проректор по научной работе РУДН
доктор медицинских наук, профессор, член-корр. РАН

А.А. Костин

28.05.2025



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 «Модели для анализа эффективности приоритетного доступа в беспроводных сетях с эластичным и потоковым трафиком» выполнена на кафедре теории вероятностей и кибербезопасности факультета физико-математических и естественных наук РУДН.

Кочеткова Ирина Андреевна 1985 года рождения, гражданка Российской Федерации, в 2009 году окончила (с отличием) Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Российский университет дружбы народов» по направлению «Прикладная математика и информатика».

В 2011 году в диссертационном совете при Российском университете дружбы народов защитила диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук на тему «Методы анализа вероятностно-временных характеристик модели мультисервисной сети с потоковым и эластичным трафиком».

В 2015 году присвоено ученое звание доцента по специальности «Теоретические основы информатики».

В период подготовки диссертации являлась сначала старшим преподавателем и доцентом кафедры систем телекоммуникаций, затем доцентом кафедры прикладной информатики и теории вероятностей, потом доцентом кафедры теории вероятностей и кибербезопасности РУДН, где и работает по настоящее время.

Научный консультант – Самуйлов Константин Евгеньевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой теории вероятностей и кибербезопасности федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы».

Научный консультант и тема диссертационного исследования утверждены на заседании Ученого совета факультета физико-математических и естественных наук РУДН 18.05.2021, протокол № 0201-08/11.

Название темы диссертационного исследования в окончательной редакции утверждено на заседании Ученого совета факультета физико-математических и естественных наук РУДН 15.04.2025, протокол № 0200-УСП-10.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Оценка выполненной соискателем работы. Диссертация Кочетковой И.А. является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных соискателем исследований решена важная научная проблема создания комплекса марковских моделей для анализа и оценки показателей эффективности приоритетного доступа и обслуживания эластичного и потокового трафика в беспроводной сети, имеющая важное значение для развития теоретических основ информатики.

Личное участие соискателя в получении результатов, изложенных в диссертации. Кочеткова И.А. лично получила основные результаты диссертации. Она лично участвовала во всех этапах исследования, выполнила апробацию результатов исследования, разработала сценарии для проведения численных экспериментов. При непосредственном участии Кочетковой И.А. обработаны результаты численных экспериментов, выполнена их интерпретация, подготовлены основные публикации по работе.

Степень достоверности результатов проведенных исследований. Достоверность полученных Кочетковой И.А. результатов подтверждается тем, что теория построена на известных методах теории массового обслуживания и математической теории телетрафика, используемых при доказательствах теорем, лемм и утверждений; идея базируется на анализе и обобщении передового опыта в обеспечении приоритетного доступа в беспроводных сетях; установлено качественное совпадение частных случаев разработанных Кочетковой И.А. моделей с известными моделями теории массового обслуживания и математической теории телетрафика; использован современный метод дискретно-событийного статистического моделирования для верификации результатов работы.

Новизна результатов проведенных исследований.

1. Комплекс моделей приоритетного доступа эластичного и потокового трафика в беспроводных сетях построен в единой концепции описания схем приоритетного доступа в виде матрицы приоритетов, позволяющей задавать приоритет для каждой пары классов заявок,

возможность снижать скорость, учитывать структуру и разные типы ресурса, влияние на систему внешних событий. Ранее в классификации систем с приоритетным обслуживанием по большей части предполагался линейный относительно приоритета порядок классов заявок, акцент был на порядке доступа к ресурсу – относительный или абсолютный, его применении во времени, принципе выбора заявок для вытеснения.

2. Модель доступа узкополосного и широкополосного потокового трафика учитывает задержку на попытки начала и возобновления передачи широкополосного трафика в виде системы с орбитами, а также использует дискриминаторное разделение слота времени между сессиями пропорционально требованиям к скорости передачи трафика в ресурсной системе. Ранее в моделях для анализа сверхнадежной передачи с малой задержкой и широкополосной связи использовались системы с очередями и равным разделением кадра времени. Модель доступа одноадресного и многоадресного потокового трафика реализует взаимный приоритет – многоадресный трафик прерывает одноадресный трафик, который в свою очередь, снижает скорость многоадресной сессии, а также учитывает два режима мультимедиа – завершение сессии по первому и последнему пользователям. Ранее исследовались системы без приоритета многоадресного трафика и в комбинации с одним из режимов мультимедиа.
3. Модель доступа эластичного трафика с минимальной скоростью передачи реализует приоритет посредством прерывания менее приоритетной сессии. Ранее приоритетное обслуживание нескольких классов эластичного трафика моделировалось с помощью дискриминаторного разделения ресурса между сессиями пропорционально весовым коэффициентам. Модель доступа эластичного трафика с управляемым по сигналам перераспределением объема ресурса учитывает выбор объема перераспределения ресурса при помощи марковского процесса принятия решений. Ранее в системах массового обслуживания для анализа нарезки радиоресурсов перераспределение происходило по внутренним, связанным с сессиями, событиям.
4. Модель доступа эластичного трафика с минимальной скоростью передачи и ненадежным ресурсом реализует приоритет посредством приостановки сессии и размещения ее в конечную очередь для ожидания возобновления обслуживания, а также учитывает марковский

входящий поток. Ранее системы с ожиданием эластичного трафика исследовались для надежного ресурса и бесконечной очереди.

5. Для модели доступа потокового трафика к ненадежному ресурсу алгоритм расчета среднего числа приостановленных сессий записан в скалярном виде. Ранее расчет такой характеристики проводился матричным решением системы уравнений равновесия. Модель доступа потокового трафика к частично ненадежному ресурсу реализует выбор направления нагрузки на ненадежный или надежный ресурс при помощи управляемой системы массового обслуживания. Ранее системы с частичным отказом ресурса исследовались с фиксированной политикой управления. Модель доступа потокового трафика со случайным требованием к объему ненадежного ресурса учитывает зависимое занятие двух типов ресурса – мощности сигнала и слота времени. Ранее ресурсные системы исследовались с надежными приборами и независимым занятием разных ресурсов.

Практическая значимость проведенных исследований.

Значение полученных Кочетковой И.А. результатов работы для практики подтверждается тем, что разработаны алгоритмы расчета показателей эффективности приоритетного доступа в беспроводных сетях для сценариев сверхнадежной передачи данных с малой задержкой и критически важных данных, в миллиметровом диапазоне и нелицензируемом диапазоне радиочастот, при использовании технологии нарезки сети и системы совместного использования радиочастот; созданы модели для определения оптимальных для заданных целевых функций политики управления перераспределением ресурса между сегментами сети и политики управления распределением нагрузки при совместном использовании радиочастот; представлены рекомендации по выбору параметра потока попыток возобновления обслуживания широкополосного трафика, уровней скорости широкополосного трафика и видеоконференции, параметра потока сигналов контроллера нарезки сети.

Ценность научных работ соискателя. За часть научных результатов работы Кочеткова И.А. удостоена в 2016 году премии Правительства Москвы молодым ученым в номинации «Информационно-коммуникационные технологии» за разработку комплекса вероятностных моделей схем приоритетного управления радиоресурсами беспроводных сетей последующих поколений. Научные результаты работы использованы в 6 научно-исследовательских работах, выполненных под непосредственным руководством Кочетковой И.А.

Соответствие пунктам паспорта научной специальности 1.2.3 «Теоретическая информатика, кибернетика»: п. 9 «Математическая теория исследования операций», п. 11 «Распределенные многопользовательские системы», п. 12 «Модели информационных процессов и структур», п. 23 «Новые интернет - технологии, включая средства поиска, анализа и фильтрации информации», п. 25 «Методы высоконадежной обработки информации и обеспечения помехоустойчивости информационных коммуникаций для целей передачи, хранения и защиты информации».

Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем. Основные научные результаты диссертации Кочетковой И.А. изложены в 55 опубликованных работах, из них 31 работа опубликована в изданиях, индексируемых в международных базах индексации и цитирования (МБЦ) Web of Science и Scopus, 12 работ в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в наукометрической базе данных RSCI, 1 работа в рецензируемом научном издании, рекомендованного перечнем Высшей аттестационной комиссии при Минобрнауки РФ (Перечень ВАК РФ). По теме работы Кочетковой И.А. также имеет 7 зарегистрированных свидетельств на программу для электронных вычислительных машин, 2 монографии. Основные положения и результаты работы Кочетковой И.А. отражены в следующих публикациях:

1. Харин П.А., Макеева Е.Д., Кочеткова И.А., Ефросинин Д.В., Шоргин С.Я. Система массового обслуживания с орбитами для анализа совместного обслуживания трафика с малыми задержками URLLC и широкополосного доступа eMBB в беспроводных сетях пятого поколения // Информатика и ее применения. – 2020. – Т. 14, № 4. – С. 17-24.
2. Makeeva E., Kochetkova I., Alkanhel R. Retrial queueing system for analyzing impact of priority ultra-reliable low-latency communication transmission on enhanced mobile broadband quality of service degradation in 5G networks // Mathematics. – 2023. – Vol. 11, No. 18. – Art. No. 3925.
3. Кочеткова И.А., Кущазли А.И., Харин П.А., Шоргин С.Я. Модель схемы приоритетного доступа трафика URLLC и eMBB в сети пятого поколения в виде ресурсной системы массового обслуживания // Информатика и ее применения. – 2021. – Т. 15, № 4. – С. 87-92.
4. Кочеткова И.А., Кущазли А.И., Харин П.А., Шоргин С.Я. Модель для анализа приоритетного доступа трафика URLLC при прерывании обслуживания и снижении скорости передачи сессий eMBB в сети 5G // Системы и средства информатики. – 2021. – Т. 31, № 3. – С. 123-134.

5. Макеева Е.Д., Кочеткова И.А., Шоргин В.С. Модель для выбора уровней скорости широкополосного трафика eMBB в условиях приоритетной передачи трафика URLLC в сети 5G // Системы и средства информатики. – 2023. – Т. 33, № 4. – С. 60-68.
6. Бородакий В.Ю., Гудкова И.А., Маркова Е.В. Рекуррентный алгоритм для расчета характеристик модели приоритетного управления доступом в сети LTE // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. – 2013. – Т. 7, № 11. – С. 45-49.
7. Гудкова И.А., Маркова Е.В. Рекуррентный алгоритм расчета стационарного распределения вероятностей состояний модели с прерыванием одноадресных соединений трафиком мультимедиа // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Математика, информатика, физика. – 2015. – № 3. – С. 10-17.
8. Borodakiy V.Y., Samouylov K.E., Gudkova I.A., Markova E.V. Analyzing mean bit rate of multicast video conference in LTE network with adaptive radio admission control scheme // Journal of Mathematical Sciences (United States). – 2016. – Vol. 218, No. 3. – P. 257-268.
9. Markova E., Moltchanov D., Gudkova I., Samouylov K., Koucharyav Y. Performance assessment of QoS-aware LTE sessions offloading onto LAA/WiFi systems // IEEE Access. – 2019. – Vol. 7. – P. 36300-36311, Art. No. 8672559.
10. Кочеткова И.А., Власкина А.С., Ву Н.Н., Шоргин В.С. Система массового обслуживания с управляемым по сигналам перераспределением приборов для анализа нарезки ресурсов сети 5G // Информатика и ее применения. – 2021. – Т. 15, № 3. – С. 91-97.
11. Власкина А.С., Бурцева С.А., Кочеткова И.А., Шоргин С.Я. Управляемая система массового обслуживания с эластичным трафиком и сигналами для анализа нарезки ресурсов в сети радиодоступа // Информатика и ее применения. – 2022. – Т. 16, № 3. – С. 90-96.
12. Kochetkova I., Leonteva K., Ghebrial I., Vlaskina A., Burtseva S., Kushchazli A., Samouylov K. Controllable queuing system with elastic traffic and signals for resource capacity planning in 5G network slicing // Future Internet. – 2024. – Vol. 16, No. 1. – Art. No. 18.
13. Ometov A., Sopin E., Gudkova I., Andreev S., Gaidamaka Y.V., Koucheryav Y. Modeling unreliable operation of mmWave-based data sessions in mission-critical PPDR services // IEEE Access. – 2017. – Vol. 5. – P. 20536-20544, Art. No. 8055435.
14. Гудкова И.А., Шоргин С.Я. Вероятностная модель совместного использования ресурсов беспроводной сети с адаптивным управлением

мощностью // Информатика и ее применения. – 2017. – Т. 11, № 3. – С. 90-98.

15. Markova E., Gudkova I., Ometov A., Dzantiev I., Andreev S., Koucheryavy Y., Samouylov K. Flexible spectrum management in a smart city within licensed shared access framework // IEEE Access. – 2017. – Vol. 5. – P. 22252-22261, Art. No. 8055552.
16. Кочеткова И.А., Самуйлов К.Е. Классификация моделей схем приоритетного доступа в беспроводных сетях // XIV Всероссийское совещание по проблемам управления: сборник научных трудов. – М.: ИПУ РАН, 2024. – С. 2350-2354.

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 Кочетковой Ирины Андреевны рекомендуется к публичной защите на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.2.3 «Теоретическая информатика, кибернетика».

Заключение принято на заседании кафедры теории вероятностей и кибербезопасности РУДН.

Присутствовало на заседании кафедры теории вероятностей и кибербезопасности 31 чел.

Результаты голосования: «за» – 31 чел., «против» – 0 чел., «воздержалось» – 0 чел.

27.05.2025 г., протокол № № 0200-54/01-БУП-10.

Председательствующий на заседании:

профессор кафедры
теории вероятностей и кибербезопасности,
доктор физико-математических наук,
профессор


подпись

Гайдамака Ю.В.
ФИО

Подпись Гайдамака Ю.В. удостоверяю.

Ученый секретарь Ученого совета
факультета ФМиЕН РУДН



Зарядов И.С.
ФИО