

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА ПДС 0200.006
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «РОССИЙСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ДРУЖБЫ НАРОДОВ ИМЕНИ ПАТРИСА ЛУМУМБЫ»
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 7 ноября 2025 г., протокол № 27

О присуждении Кочетковой Ирине Андреевне, гражданке Российской Федерации, ученой степени доктора физико-математических наук.

Диссертация «Модели для анализа эффективности приоритетного доступа в беспроводных сетях с эластичным и потоковым трафиком» по специальности 1.2.3 – Теоретическая информатика, кибернетика в виде рукописи принята к защите 20.08.2025, протокол № 22, диссертационным советом ПДС 0200.006 федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы» (РУДН) Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6; приказ от 24 октября 2022 года № 599).

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

В 2011 году в диссертационном совете при федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Российский университет 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» по специальности 05.13.17 – Теоретические основы информатики.

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.

Диссертация выполнена на кафедре теории вероятностей и кибербезопасности института компьютерных наук и телекоммуникаций факультета физико-математических и естественных наук федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы».

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».

Официальные оппоненты:

- **Степанов Сергей Николаевич** – гражданин Российской Федерации, доктор технических наук (на стыке 05.25.01 – Теоретические основы информатики, 05.12.14 – Сети, узлы связи и распределение информации), профессор, заведующий кафедрой сетей связи и систем коммутации ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики»;
- **Моисеев Александр Николаевич** – гражданин Российской Федерации, доктор физико-математических наук (05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ), доцент, заведующий кафедрой программной инженерии Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет»;
- **Парамонов Александр Иванович** – гражданин Российской Федерации, доктор технических наук (05.12.13 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций), профессор, профессор кафедры сетей связи и передачи данных федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича»;
- **Семенова Ольга Валерьевна** – гражданка Российской Федерации, доктор физико-математических наук (05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ), ведущий научный сотрудник лаборатории телекоммуникационных систем Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук;

дали положительные отзывы о диссертации.

В заключениях отзывов оппонентов указано, что диссертационная работа полностью соответствует требованиям п. 2.1 раздела II Положения о присуждении ученых степеней в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы», утвержденного ученым советом РУДН 22.01.2024 г., протокол № УС-1, а ее автор, Кочеткова Ирина Андреевна, заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук.

Соискатель имеет 55 опубликованных работ по теме диссертации, 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, рекомендованном перечнем Высшей аттестационной комиссии при Минобрнауки РФ (Перечень ВАК РФ); 7 зарегистрированных свидетельств на программу для электронных вычислительных машин, 2 монографии. Общий объем публикаций 1090 стр. Авторский вклад 73%.

Наиболее значимые публикации:

1. Kushchazli A., Leonteva K., Kochetkova I., Khakimov A. Evaluating QoS in dynamic virtual machine migration: A multi-class queuing model for edge-cloud systems // *Journal of Sensor and Actuator Networks*. – 2025. – Vol. 14, No. 3. – Art. No. 47.
2. Kushchazli A., Safargalieva A., Kochetkova I., Gorshenin A. Queuing model with customer class movement across server groups for analyzing virtual machine migration in cloud computing // *Mathematics*. – 2024. – Vol. 12, No. 3. – Art. No. 468.
3. Ghebrial I., Leonteva K., Kochetkova I., Shorgin S. Markov decision process and artificial neural network for resource capacity planning in 5G network slicing // *Communications in Computer and Information Science*. – 2024. – Vol. 2163. – P. 33-47.
4. 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.
5. 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.
6. Kochetkova I., Kushchazli A., Burtseva S., Gorshenin A. Short-term mobile network traffic forecasting using seasonal ARIMA and Holt-Winters models // *Future Internet*. – 2023. – Vol. 15, No. 9. – Art. No. 290.
7. Kochetkova I., Makeeva E., Ageeva A., Gorshenin A. Model for analyzing impact of path loss on eMBB bit rate degradation under priority URLLC transmission in 5G network // *Lecture Notes in Computer Science*. – 2022. – Vol. 13766. – P. 176-189.
8. Kushchazli A., Ageeva A., Kochetkova I., Kharin P., Chursin A., Shorgin S. Model of radio admission control for URLLC and adaptive bit rate eMBB in 5G network // *CEUR Workshop Proceedings*. – 2021. – Vol. 2946. – P. 74-84.
9. Kochetkova I., Vlaskina A., Burtseva S., Savich V., Hosek J. Analyzing the effectiveness of dynamic network slicing procedure in 5G network by queuing and simulation models // *Lecture Notes in Computer Science*. – 2020. – Vol. 12525. – P. 71-85.
10. Efrosinin D., Gudkova I., Stepanova N. Performance analysis and optimal control for queueing system with a reserve unreliable server pool // *Communications in Computer and Information Science*. – 2019. – Vol. 1109. – P. 109-120.
11. Makeeva E., Polyakov N., Kharin P., Gudkova I. Probability model for performance analysis of joint URLLC and eMBB transmission in 5G networks // *Lecture Notes in Computer Science*. – 2019. – Vol. 11660. – P. 635-648.
12. Markova E., Moltchanov D., Gudkova I., Samouylov K., Koucheryavy Y. Performance assessment of QoS-aware LTE sessions offloading onto LAA/WiFi systems // *IEEE Access*. – 2019. – Vol. 7. – P. 36300-36311, Art. No. 8672559.
13. Markova E., Moltchanov D., Sinitsyna A., Ivanova D., Filipova V., Gudkova I., Samouylov K. Analytical models for schedule-based license assisted access (LAA) LTE systems // *Lecture Notes in Computer Science*. – 2018. – Vol. 11118. – P. 210-223.
14. 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.
15. Ometov A., Sopin E., Gudkova I., Andreev S., Gaidamaka Y.V., Koucheryavy 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.
16. Markova E., Dzantiev I., Gudkova I., Shorgin S. Analyzing impact of path loss models on probability characteristics of wireless network with licensed shared access framework // *Proc. 9th International Congress on Ultra Modern Telecommunications and Control Systems and Workshops (ICUMT)*. – 2017. – P. 20-25.
17. Markova E.V., Poluektov D.S., Ostrikova D.U., Gudkova I.A. On comparative analysis of shared access scheme models with service interruption in 3GPP LTE network with LSA framework // *CEUR Workshop Proceedings*. – 2017. – Vol. 2064. – P. 112-120.

18. Golskaia A.A., Markova E.V., Dzantiev I.L., Gudkova I.A. Analysis of performance measures for scheme model with limit power policy within LSA framework // CEUR Workshop Proceedings. – 2017. – Vol. 1995. – P. 42-52.
 19. Markova E., Poluektov D., Ostrikova D., Gudkova I., Dzantiev I., Samouylov K., Shorgin V. Analysis of admission control schemes models for wireless network under licensed shared access framework // Lecture Notes in Computer Science. – 2017. – Vol. 10531. – P. 536-549.
 20. Ivanova D., Karnauhova E., Markova E., Gudkova I. Analyzing of licensed shared access scheme model with service bit rate degradation in 3GPP network // Communications in Computer and Information Science. – 2017. – Vol. 800. – P. 231-242.
 21. Mokrov E., Sopin E., Markova E., Poluektov D., Gudkova I., Masek P., Hosek J. Modeling and response time analysis for web browsing under interruptions in LTE network // Proc. 31st European Conference on Modelling and Simulation (ECMS), 2017. – P. 706-712.
 22. Gudkova I., Markova E., Masek P., Andreev S., Hosek J., Yarkina N., Samouylov K., Koucheryavy Y. Modeling the utilization of a multi-tenant band in 3GPP LTE system with licensed shared access // Proc. 8th International Congress on Ultra Modern Telecommunications and Control Systems and Workshops (ICUMT). – 2016. – P. 119-123, Art. No. 7765343.
 23. 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.
 24. Samouylov K., Gudkova I., Markova E. Formalizing set of multiservice models for analyzing pre-emption mechanisms in wireless 3GPP networks // Communications in Computer and Information Science. – 2016. – Vol. 601. – P. 61-71.
 25. Gudkova I., Samouylov K., Ostrikova D., Mokrov E., Ponomarenko-Timofeev A., Andreev S., Koucheryavy Y. Service failure and interruption probability analysis for licensed shared access regulatory framework // Proc. 7th International Congress on Ultra Modern Telecommunications and Control Systems and Workshops (ICUMT). – 2015. – P. 123-131, Art. No. 7382416.
 26. Samouylov K., Sopin E., Gudkova I. Sojourn time analysis for processor sharing loss queuing system with service interruptions and MAP arrivals // Communications in Computer and Information Science. – 2016. – Vol. 678. – P. 406-417.
 27. Samouylov K., Gudkova I., Markova E., Yarkina N. Queuing model with unreliable servers for limit power policy within licensed shared access framework // Lecture Notes in Computer Science. – 2016. – Vol. 9870. – P. 404-413.
 28. Efrosinin D., Samouylov K., Gudkova I. Busy period analysis of a queueing system with breakdowns and its application to wireless network under licensed shared access regime // Lecture Notes in Computer Science. – 2016. – Vol. 9870. – P. 426-439.
 29. Samouylov K., Naumov V., Sopin E., Gudkova I., Shorgin S. Sojourn time analysis for processor sharing loss system with unreliable server // Lecture Notes in Computer Science. – 2016. – Vol. 9845. – P. 284-297.
 30. Borodakiy V.Y., Samouylov K.E., Gudkova I.A., Ostrikova D.Y., Ponomarenko-Timofeev A.A., Turlikov A.M., Andreev S.D. Modeling unreliable LSA operation in 3GPP LTE cellular networks // Proc. 6th International Congress on Ultra Modern Telecommunications and Control Systems and Workshops (ICUMT). – 2014. – P. 390-396, Art. No. 7002133.
 31. Borodakiy V.Y., Gudkova I.A., Markova E.V., Samouylov K.E. Modelling and performance analysis of pre-emption based radio admission control scheme for video conferencing over LTE // Proc. 6th ITU Kaleidoscope Academic Conference (K). – 2014. – P. 53-59, Art. No. 6858480.
- Работы в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в наукометрической базе данных RSCI*
32. Макеева Е.Д., Кочеткова И.А., Шоргин С.Я. Вероятностная модель затухания мощности сигнала в сценариях 3GPP TR 38.901 развертывания сети 5G // Информатика и ее применения. – 2024. – Т. 18, № 2. – С. 25-31.
 33. Кочеткова И.А., Власкина А.С., Эсенг Манге П.Л.Э., Шоргин В.С. Задача разделения ресурса беспроводной сети по задержке передачи эластичного трафика // Системы и средства информатики. – 2024. – Т. 34, № 1. – С. 23-32.
 34. 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.
 35. 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.
36. 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.
 37. Кочеткова И.А., Кушазли 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.
 38. Кочеткова И.А., Кушазли 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.
 39. Власкина А.С., Поляков Н.А., Гудкова И.А., Гайдамака Ю.В. Анализ вероятностно-временных характеристик обслуживания эластичного трафика с минимальной скоростью в сегменте беспроводной сети с нарезкой радиоресурсов // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Математика. Механика. Информатика. – 2020. – Т. 20, № 3. – С. 378-387.
 40. 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.
 41. 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.
 42. Самуйлов К.Е., Гудкова И.А., Маркова Е.В. К разработке исходных данных для сценария приоритетного управления доступом в мультисервисной сети LTE // T-Comm: Телекоммуникации и транспорт. – 2015. – Т. 9, № 10. – С. 22-27.
 43. Бородакий В.Ю., Гудкова И.А., Маркова Е.В. Рекуррентный алгоритм для расчета характеристик модели приоритетного управления доступом в сети LTE // T-Comm: Телекоммуникации и транспорт. – 2013. – Т. 7, № 11. – С. 45-49.
- Работа в рецензируемом научном издании, рекомендованном перечнем Высшей аттестационной комиссии при Минобрнауки РФ (Перечень ВАК РФ)*
44. Гудкова И.А., Маркова Е.В. Рекуррентный алгоритм расчета стационарного распределения вероятностей состояний модели с прерыванием одноадресных соединений трафиком мультимедийного вещания // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Математика, информатика, физика. – 2015. – № 3. – С. 10-17.
- Зарегистрированные свидетельства на программу для электронных вычислительных машин*
45. Гебриал И.Е.З., Леонтьева К.А., Кочеткова И.А. Расчет оптимальной политики управляемого контроллером перераспределения ресурса между двумя виртуальными операторами с использованием нейронной сети // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024662703 Российская Федерация : № 2024661796 : заявл. 27.05.2024 : опубл. 30.05.2024.
 46. Леонтьева К.А., Гебриал И.Е.З., Бурдина К.П., Бурцева С.А., Власкина А.С., Кочеткова И.А. Расчет стационарного распределения вероятностей состояний модели нарезки радиоресурсов для заданной политики перераспределения ресурса между двумя виртуальными операторами // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023662074 Российская Федерация : № 2023661391 : заявл. 02.06.2023 : опубл. 06.06.2023.
 47. Агеева А.С., Макеева Е.Д., Кочеткова И.А. Расчет характеристик модели приоритетного доступа трафика URLLC с адаптивным изменением скорости трафика eMBB в условиях затухания сигнала сети 5G // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023663827 Российская Федерация : № 2023662790 : заявл. 21.06.2023 : опубл. 28.06.2023.
 48. Власкина А.С., Кочеткова И.А. Расчет оптимальной политики управляемого по внешним событиям динамического разделения ресурса для обслуживания двух потоков заявок на выполнение работы заданного объема // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023667476 Российская Федерация : № 2023666719 : заявл. 08.08.2023 : опубл. 15.08.2023.
 49. Филиппова В.С., Хусайнова Ф.Д., Власкина А.С., Кочеткова И.А., Бурцева С.А. Расчет показателей эффективности модели управления нарезкой радиоресурсов беспроводной сети между двумя виртуальными операторами по сигналам контроллера // Свидетельство о государственной

- регистрации программы для ЭВМ № 2022660727 Российская Федерация : № 2022619563 : заявл. 27.05.2022 : опубл. 08.06.2022.
50. Агеева А.С., Кушазли А.И., Харин П.А., Кочеткова И.А. Расчет вероятностно-временных характеристик для модели приоритетного доступа трафика URLLC с адаптивным изменением скорости трафика eMBB в сети 5G // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021661640 Российская Федерация : № 2021660823 : заявл. 08.07.2021 : опубл. 14.07.2021.
51. Ву Н.Н., Власкина А.С., Кочеткова И.А., Бурцева С.А. Расчет показателей эффективности модели динамической нарезки между двумя сегментами радиоресурсов с управлением по внешнему событию // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021661716 Российская Федерация : № 2021660847 : заявл. 08.07.2021 : опубл. 14.07.2021.
- Монографии*
52. Кочеткова И.А., Самуйлов К.Е. Мультисервисные системы с приоритетным обслуживанием трафика // М.: Техносфера, 2025. – 160 с.
53. Гайдамака Ю.В., Сопин Э.С., Гудкова И.А., Андреев С.Д., Самуйлов К.Е., Шоргин С.Я. Модели и методы анализа и расчета показателей эффективности беспроводных гетерогенных сетей. – М.: ФИЦ ИУ РАН, 2018. – 71 с.
- Учебно-методическое пособие*
54. Самуйлов К.Е., Абаев П.О., Гайдамака Ю.В., Гудкова И.А., Королькова А.В., Кулябов Д.С., Щукина О.Н. Мультисервисные сети связи. – М.: РУДН, 2013. – 363 с.
- Труды конференции*
55. 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.

На автореферат диссертации поступили положительные, не содержащие критических замечаний отзывы:

- **Ибрагимов Байрам Ганимат оглы** – гражданин Азербайджанской Республики, доктор технических наук (05.12.13 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций), профессор кафедры радиоэлектроники и аэрокосмических систем Азербайджанского технического университета.
- В отзыве дана положительная оценка диссертации. В качестве недостатков указано, что:
1. Недостаточно полно освещены вопросы учета нестационарных характеров потоков запросов на передачу трафика, что может ограничивать адекватность моделей в условиях реальной эксплуатации сетей с меняющейся нагрузкой.
 2. Перспективным направлением исследований могло бы стать расширение разработанных моделей интеллектуальными алгоритмами управления на основе машинного обучения как составных частей архитектуры сетей 2030+.
- **Фархадов Маис Паша оглы**, гражданин Российской Федерации, доктор технических наук (05.13.15 – Вычислительные машины, комплексы и компьютерные сети), старший научный сотрудник, главный научный сотрудник, заведующий лабораторией 17 эргатических систем Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук.
- В отзыве дана положительная оценка диссертации. В качестве недостатков указано, что:
1. Было бы интересно увидеть исследование устойчивости (робастности) предложенных политик управления к отклонениям статистических характеристик входящих потоков и времени обслуживания от расчетных.

2. Перспективным направлением может стать интеграция в модельный аппарат более современных методов искусственного интеллекта, например, графовых нейронных сетей, для управления в условиях высокой динамики и неопределенности, что могло бы стать естественным развитием заложенных в работе идей.

- **Сухомлин Владимир Александрович**, гражданин Российской Федерации, доктор технических наук (05.13.11 – Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей), профессор, профессор кафедры информационной безопасности факультета вычислительной математики и кибернетики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова».

В отзыве дана положительная оценка диссертации. В качестве недостатков указано, что:

1. Представляется, что работа могла бы выиграть от сравнительного численного анализа с существующими известными аналогами, что позволило бы еще рельефнее обозначить вклад автора.
2. Кроме того, в перспективе интересно было бы рассмотреть применение предложенного подхода к задачам обеспечения кибербезопасности беспроводных сетей, где проблемы управления ресурсами и приоритизации также крайне важны.

- **Орлов Юрий Николаевич**, гражданин Российской Федерации, доктор физико-математических наук (01.01.03 – Математическая физика), профессор, главный научный сотрудник, заведующий отделом №6 Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук».

В отзыве дана положительная оценка диссертации. В качестве недостатков указано, что:

1. Требуется анализ устойчивости матричных алгоритмов при большой размерности и исследование обусловленности матриц переходных интенсивностей. Не предложены методы регуляризации для плохо обусловленных систем.
2. Не указано, что в главе 3 диссертации доказывается существование оптимальной стационарной политики.

- **Крук Евгений Аврамович**, гражданин Российской Федерации, доктор технических наук (05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (по отраслям)), профессор, научный руководитель научно-исследовательского института телекоммуникаций Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики».

В отзыве дана положительная оценка диссертации. В качестве недостатков указано, что:

1. Рассматривалась ли возможность применения методов теории кодирования для повышения надежности передачи критически важных данных в разработанных моделях?

2. В работе недостаточно освещены вопросы энергетической эффективности предложенных схем приоритетного доступа.

На диссертацию поступил положительный, не содержащий критических замечаний отзыв:

– **Цитович Иван Иванович**, гражданин Российской Федерации, доктор физико-математических наук (05.13.17 – Теоретические основы информатики), доцент, профессор кафедры алгоритмов и технологий программирования физтех-школы прикладной математики и информатики Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)».

В отзыве дана положительная оценка диссертации. В качестве недостатков указано, что:

1. Отсутствует анализ границ применимости численных методов и путей преодоления вычислительных трудностей при росте размерности моделей.
2. Не представлены удобные для инженеров практические рекомендации в виде таблиц для типовых сценариев.
3. Не проведен сравнительный анализ вычислительной эффективности предложенных алгоритмов в зависимости от размерности решаемых задач.
4. Отсутствует перечень исходных данных, использованных в численных экспериментах, что затрудняет оценку адекватности моделей и воспроизведение результатов.

Выбор официальных оппонентов обосновывается их высокой квалификацией, наличием научных трудов и публикаций, соответствующих теме оппонируемой диссертации.

Выбор **Степанова С.Н.** обоснован тем, что он является крупным специалистом в области математической теории телетрафика. В частности, в сфере его научных интересов находится разработка матричных методов анализа многоклассовых систем массового обслуживания с приоритетами, изменяемым объемом ресурса и алгоритмов расчета их стационарных характеристик, что является одним из важных аспектов диссертационного исследования соискателя.

Основные публикации Степанова С.Н. по тематике диссертационного исследования:

1. Stepanov S., Stepanov M. Estimation of the performance measures of a group of servers taking into account blocking and call repetition before and after server occupation // Mathematics. – 2021. – Vol. 9, No. 21. – Art. no. 2811.
2. Maslov A.A., Sebekin G.V., Stepanov M.S., Stepanov S.N., Shchurkov A.O. Modeling the processes of subscriber servicing in a data transmission network based on spacecrafts in a low circular orbit. I // Journal of Communications Technology and Electronics. – 2024. – Vol. 69, No. 10. – P. 376-385.
3. Маслов А.А., Себекин Г.В., Степанов М.С., Степанов С.Н., Щурков А.О. Модель резервирования канального ресурса при обслуживании разнородного трафика в сети маломощных мобильных абонентских терминалов на базе КА с высокой пропускной способностью // Информационные процессы. – 2024. – Т. 24, № 1. – С. 1-15.
4. Маслов А.А., Себекин Г.В., Степанов М.С., Степанов С.Н., Щурков А.О. Моделирование процессов обслуживания абонентов в сети передачи данных на базе космических аппаратов на низкой круговой орбите. I // Информационные процессы. – 2024. – Т. 24, № 4. – С. 335-349.

5. Maslov A.A., Sebekin G.V., Stepanov S.N., Shchurkov A.O., Vasilyev A.P. Model of processes for joint maintenance of real-time multiservice traffic and elastic data traffic in a network of low-power mobile subscriber terminals based on high-throughput satellites // T-Comm. – 2024. – Vol. 18, No. 3. – P. 41-49.
6. Степанов С.Н., Степанов М.С. Приближенный метод оценки характеристик совместного обслуживания трафика реального времени и эластичного трафика данных в мультисервисных узлах доступа // Автоматика и телемеханика. – 2023. – № 11. – С. 93-114.
7. Anrabi U.M., Kanishcheva M.G., Stepanov S.N. Observation system resource planning in presence of access control based on volume of resource occupied by traffic flows // T-Comm. – 2022. – Vol. 16, No. 8. – P. 54-62.
8. Stepanov S.N., Ndayikunda Ju., Kanishcheva M.G. Resource allocation model for LTE technology with functionality of NB-IOT and reservation // T-Comm. – 2021. – Vol. 15, No. 11. – P. 69-76.

Выбор **Моисеева А.Н.** обоснован тем, что он является крупным специалистом в области теории массового обслуживания. В частности, в сфере его научных интересов находится анализ нестационарных процессов, систем с неэкспоненциальными распределениями времени обслуживания, марковскими входящими потоками и сложными структурами, такими как системы с орбитами, с применением продвинутых аналитических методов, что является одним из важных аспектов диссертационного исследования соискателя.

Основные публикации Моисеева А.Н. по тематике диссертационного исследования:

1. Moiseev A., Nazarov A., Paul S. Hyper-exponential approximation in the analysis of a multi-server retrieval queue with non-exponential service time distribution // Journal of the Indian Society for Probability and Statistics. – 2025. – Vol. 26, No. 1. – P. 487-502.
2. Moiseev A., Shklennik M., Polin E. Infinite-server queueing tandem with Markovian arrival process and service depending on its state // Annals of Operations Research. – 2023. – Vol. 326, No. 1. – P. 261-279.
3. Fedorova E., Lapatin I., Lizyura O., Moiseev A., Nazarov A., Paul S. Queueing system with two phases of service and service rate degradation // Axioms. – 2023. – Vol. 12, No. 2. – Art. no. 104.
4. Polin E.P., Moiseeva S.P., Moiseev A.N. Heterogeneous queueing system with Markov renewal arrivals and service times dependent on states of arrival process // Discrete and Continuous Models and Applied Computational Science. – 2023. – Vol. 31, No. 2. – P. 105-119.
5. Bushkova T., Moiseeva S., Moiseev A., Sztrik J., Lisovskaya E., Pankratova E. Using infinite-server resource queue with splitting of requests for modeling two-channel data transmission // Methodology and Computing in Applied Probability. – 2022. – Vol. 24, No. 3. – P. 1753-1772.
6. Nazarov A., Dudin A., Moiseev A. Pseudo steady-state period in non-stationary infinite-server queue with state dependent arrival intensity // Mathematics. – 2021. – Vol. 10, No. 15. – Art. no. 2661.
7. Shklennik M., Moiseev A., Morozova A. Repeated flow analysis in infinite-server queueing tandem with MMPP arrivals and feedback at the second stage // Global and Stochastic Analysis. – 2021. – Vol. 8, No. 3. – P. 115-127.
8. Полин Е.П., Моисеева С.П., Моисеев А.Н. Применение отрицательного биномиального распределения для аппроксимации стационарного распределения числа заявок в СМО с входящим МАР-потоком, интенсивность которого зависит от состояния системы // Управление большими системами: сборник трудов. – 2024. – № 108. – С. 40-56.
9. Приступа П.В., Сущенко С.П., Михеев П.А., Моисеев А.Н. Анализ эффективности прямой коррекции ошибок на уровне транспортного протокола // Автоматика и телемеханика. – 2022. – № 7. – С. 59-81.
10. Шкленник М.А., Моисеев А.Н. Метод марковского суммирования для исследования потока повторных обращений в двухфазных системах $M|GI|\infty \rightarrow GI|\infty$ // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Математика. Механика. Информатика. – 2021. – Т. 21, № 1. – С. 125-137.
11. Шкленник М.А., Моисеев А.Н., Задиранова Л.А. Исследование потока повторных обращений в двухфазной системе массового обслуживания $GI|GI|\infty$ с мгновенной обратной связью методом марковского суммирования // Вестник Томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика. – 2021. – № 56. – С. 29-40.

Выбор **Парамонова А.И.** обоснован тем, что он является крупным специалистом в области анализа беспроводных сетей пятого и шестого поколения. В частности, в сфере его научных интересов находится оптимизация механизмов обеспечения сверхнадежной

связи с малой задержкой, управления трафиком в гетерогенных сетях интернета вещей высокой плотности и применения методов машинного обучения для прогнозирования качества обслуживания, что является одним из важных аспектов диссертационного исследования соискателя.

Основные публикации Парамонова А.И. по тематике диссертационного исследования:

1. Abdellah A.R., Mahmood O.A., Kirichek R., Paramonov A., Koucheryavy A. Machine learning algorithm for delay prediction in IoT and tactile internet // *Future Internet*. – 2021. – Vol. 13, No. 12. – Art. no. 304.
2. Paramonov A., Khayyat M., Chistova N., Muthanna A., Elgendy I.A., Koucheryavy A., Abd El-Latif A.A. An efficient method for choosing digital cluster size in ultralow latency networks // *Wireless Communications and Mobile Computing*. – 2021. – Vol. 2021. – Art. no. 9188658.
3. Paramonov A., Peng J., Kashkarov D., Muthanna A., Elgendy I.A., Koucheryavy A., Maleh Y., Abd El-Latif A.A. Study and analysis of multiconnectivity for ultrareliable and low-latency features in networks and V2X communications // *Wireless Communications and Mobile Computing*. – 2021. – Vol. 2021. – Art. no. 1718099.
4. Викулов А.С., Парамонов А.И. Сравнительный анализ вероятностного и геометрического методов учета межканальных помех при планировании сетей IEEE 802.11 // *Электросвязь*. – 2024. – № 4. – С. 29-36.
5. Кучерявый А.Е., Окунева Д.В., Парамонов А.И., Хоанг Н.Ф. Методы распределения трафика в гетерогенной сети Интернета вещей высокой плотности // *Труды учебных заведений связи*. – 2024. – Т. 10, № 2. – С. 67-74.
6. Волков А.Н., Мутханна А.С.А., Кучерявый А.Е., Бородин А.С., Парамонов А.И., Владимиров С.С., Фокин Г.А., Дунайцев Р.А., Захаров М.В., Горбачева Л.С., Паньков Б.О., Анваржонов Б.Н. Перспективные исследования сетей и услуг 2030 в лаборатории 6G Meganetlab СПбГУТ // *Электросвязь*. – 2023. – № 6. – С. 5-14.
7. Кашкаров Д.В., Парамонов А.И., Кучерявый А.Е. Метод повышения эффективности uRLLC в перспективных сетях связи // *Электросвязь*. – 2022. – № 2. – С. 32-37.
8. Алзагир А.А., Парамонов А.И., Кучерявый А.Е. Исследование качества обслуживания в сетях 5G и последующих поколений // *Электросвязь*. – 2022. – № 6. – С. 2-7.
9. Абделлах А.Р., Махмуд О.А., Парамонов А.И., Кучерявый А.Е. Прогнозирование задержки в сетях интернета вещей и тактильного интернета с использованием машинного обучения // *Электросвязь*. – 2021. – № 1. – С. 23-27.
10. Чистова Н.А., Парамонов А.И., Выборнова А.И., Кучерявый А.Е. Метод выбора размеров цифровых кластеров сетей с ультрамалыми задержками // *Электросвязь*. – 2021. – № 4. – С. 43-48.

Выбор Семеновой О.В. обоснован тем, что она является крупным специалистом в области теории массового обслуживания. В частности, в сфере ее научных интересов находится анализ сложных систем с повторными вызовами и орбитами, систем с коррелированными (МАР/ВМАР) входящими потоками и нестационарным поведением с применением матрично-аналитических методов, что является одним из важных аспектов диссертационного исследования соискателя.

Основные публикации Семеновой О.В. по тематике диссертационного исследования:

1. Vishnevsky V., Klimenok V., Semenova O., Dang M.C. Retrial tandem queueing system with correlated arrivals // *AIMS Mathematics*. – 2025. – Vol. 10, No. 5. – P. 10650-10674.
2. Vishnevsky V., Vytovtov K., Barabanova E., Semenova O. Analysis of a MAP/M/1/N queue with periodic and non-periodic piecewise constant input rate // *Mathematics*. – 2022. – Vol. 10, No. 10. – Art. no. 1684.
3. Klimenok V.I., Dudin A.N., Vishnevsky V.M., Semenova O.V. Retrial BMAP/PH/N queueing system with a threshold-dependent inter-retrial time distribution // *Mathematics*. – 2022. – Vol. 10, No. 2. – Art. no. 269.
4. Vishnevsky V., Vytovtov K., Barabanova E., Semenova O. Transient behavior of the map/m/1/n queueing system // *Mathematics*. – 2021. – Vol. 9, No. 20. – Art. no. 2559.
5. Vishnevsky V.M., Semenova O.V., Bui D.T. Investigation of the stochastic polling system and its applications to broadband wireless networks // *Automation and Remote Control*. – 2021. – Vol. 82, No. 9. – P. 1607-1613.
6. Vishnevsky V., Semenova O. Polling systems and their application to telecommunication networks // *Mathematics*. – 2021. – Vol. 9, No. 2. – P. 1-30, Art. no. 117.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- разработана концепция построения комплекса моделей приоритетного доступа на основе матрицы приоритетов, позволившая задавать приоритет для каждой пары классов заявок и учитывать структуру ресурса; введены понятия в рамках модернизированной классификации моделей теории телетрафика в обозначениях Башарина–Кендалла;
- разработана модель для анализа передачи потокового трафика, основанная на системах с орбитами и дискриминаторным разделением ресурса; предложен подход к реализации взаимных приоритетов между одноадресным и многоадресным трафиком с учетом различных режимов мультимедиа;
- разработана модель приоритетного доступа эластичного трафика с управляемым перераспределением ресурса по сигналам на основе марковского процесса принятия решений; предложен подход к формализации задачи оптимизации политики управления нарезкой сети по комплексному критерию для определения оптимальных параметров потока сигналов контроллера.
- разработана модель обслуживания критически важных данных в миллиметровом диапазоне, учитывающая ненадежный ресурс и марковский (MAP) поток запросов; разработан алгоритм символьного вычисления преобразования Лапласа-Стилтьеса и моментов времени передачи трафика;
- разработана модель совместного использования радиочастот с гистерезисным занятием ненадежных приборов и случайным требованием к ресурсу; предложен подход к управлению доступом на основе минимизации средней стоимости использования ресурса и обслуживания сессий; разработан алгоритм расчета среднего числа приостановленных сессий в скалярном виде и символьного вычисления преобразования Лапласа-Стилтьеса периода занятости системы.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- доказаны теоремы, леммы и утверждения, позволяющие вычислять стационарные распределения вероятностей состояний моделей систем приоритетного доступа, их показатели эффективности и осуществлять выбор оптимальных политик управления, что расширяет границы применимости методов теории массового обслуживания для анализа современных беспроводных сетей;
- применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс методов математической теории телетрафика, теории массового обслуживания, марковских случайных процессов, марковских процессов принятия решений, стохастической геометрии и дискретно-событийного статистического моделирования, что обеспечило получение научных результатов, обладающих новизной;
- изложены и систематизированы различные схемы приоритетного доступа эластичного и потокового трафика, типы ресурса, приоритетные события и механизмы реализации приоритета, что формирует теоретический базис для дальнейших исследований в данной области;

- изучены причинно-следственные связи и факторы, влияющие на эффективность приоритетного доступа, в том числе влияние повторных попыток возобновления обслуживания, многоадресного режима передачи данных, марковского потока запросов, а также полного и частичного отказа ресурса.
- проведена модернизация существующей классификации моделей математической теории телетрафика и теории массового обслуживания в обозначениях Башарина-Кендалла путем введения матрицы приоритетов, отражающей особенности приоритетного доступа в современных беспроводных сетях.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

- разработаны и внедрены в учебный процесс РУДН модели и алгоритмы расчета показателей эффективности приоритетного доступа, используемые при подготовке студентов по направлениям «Математика и компьютерные науки», «Фундаментальная информатика и информационные технологии» и «Прикладная информатика»; разработаны и внедрены в научно-исследовательскую деятельность в рамках грантов РФФИ и РНФ математические модели и программные комплексы, подтвержденные 7 свидетельствами о государственной регистрации программ для ЭВМ;
- определены перспективы практического использования разработанного модельного аппарата для анализа конкретных сценариев беспроводных сетей, включая сверхнадежную передачу данных с малой задержкой, работу в миллиметровом и нелицензируемом диапазонах, а также системы с технологией нарезки сети и совместного использования радиочастот.
- создана система моделей для определения оптимальных политик управления, включая политику перераспределения ресурса между сегментами сети по критерию максимума взвешенной суммы коэффициентов и политику управления распределением нагрузки при совместном использовании радиочастот по критерию минимума средней стоимости;
- представлен анализ выбора ключевых параметров систем, таких как параметр потока попыток возобновления обслуживания широкополосного трафика, уровни скорости широкополосного трафика и видеоконференции, параметр потока сигналов контроллера нарезки сети, что позволяет настраивать сети для достижения заданных целевых показателей качества обслуживания.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- теория построена на фундаментальных и проверяемых методах теории массового обслуживания и математической теории телетрафика, используемых при доказательствах теорем, лемм и утверждений;
- идея базируется на глубоком анализе практики и обобщении передового международного опыта в области обеспечения приоритетного доступа в беспроводных сетях 4G/5G/6G;
- установлено качественное совпадение частных случаев разработанных автором моделей с известными моделями теории массового обслуживания и математической теории телетрафика, что подтверждает корректность полученных результатов;

- использованы современные методики верификации, в частности, метод дискретно-событийного статистического моделирования.
- использованы представительные сценарии, соответствующие актуальным спецификациям 3GPP и реальным условиям эксплуатации беспроводных сетей, для численных экспериментов.

Личный вклад соискателя состоит в: непосредственном участии на всех этапах исследовательского процесса – от постановки задач до получения основных научных результатов диссертации; личном участии в проведении научных исследований, включая разработку сценариев для численных экспериментов и получение исходных данных; личном участии в апробации результатов исследования на международных и всероссийских научных мероприятиях; разработке методологической основы исследований, включая создание комплекса математических моделей и алгоритмов; обработке и интерпретации результатов численных экспериментов, выполненных при непосредственном участии автора; подготовке основных публикаций по выполненной работе, включая статьи в журналах, индексируемых в международных базах данных, монографии и учебно-методическое пособие.

Заключение диссертационного совета подготовлено доктором физико-математических наук, профессором, профессором кафедры теории вероятностей и кибербезопасности Российского университета дружбы народов имени Патриса Лумумбы Гайдамакой Ю.В., доктором физико-математических наук, профессором, профессором математического института имени С.М. Никольского Российского университета дружбы народов имени Патриса Лумумбы Ланевым Е.Б., доктором физико-математических наук, главным научным сотрудником Института прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук Орловым Ю.Н.

На заседании 7 ноября 2025 г. диссертационный совет принял решение присудить Кочетковой Ирине Андреевне ученую степень доктора физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 12 человек, из них 6 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 17 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены 0, проголосовали: за – 12, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председательствующий на заседании:

Заместитель председателя диссертационного совета ПДС 0200.006,
доктор физико-математических наук, профессор

 Кулябов Д.С.

Ученый секретарь
диссертационного совета ПДС 0200.006
кандидат физико-математических наук, доцент

 Геворкян М.Н.

«7» ноября 2025 г.

