

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 КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета ПДС 0200.006  
от 19 июня 2026 г., протокол № 15

О присуждении Кущазли Анне Ивановне, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Модели массового обслуживания для анализа эффективности миграции сервисов в граничных облачных вычислениях» по специальности 1.2.3. Теоретическая информатика, кибернетика в виде рукописи принята к защите 11 мая 2026 г., протокол № 8, 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 Кущазли Анна Ивановна, 1997 года рождения, гражданка Российской Федерации, в 2021 году окончила (с отличием) федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов» по направлению 02.04.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии».

С 22.09.2021 по 21.09.2025 обучалась в аспирантуре федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы» по основной образовательной программе высшего образования по направлению подготовки 09.06.01 «Информатика и вычислительная техника» (профиль обучения «Теоретические основы информатики»), соответствующему научной специальности 1.2.3 «Теоретическая информатика, кибернетика», по которой подготовлена диссертация.

В период подготовки диссертации являлась ассистентом кафедры теории вероятностей и кибербезопасности факультета физико-математических и естественных наук РУДН.

В настоящее время работает ассистентом кафедры теории вероятностей и кибербезопасности факультета физико-математических и естественных наук РУДН.

Диссертация выполнена на кафедре теории вероятностей и кибербезопасности Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы».

Научный руководитель: Кочеткова Ирина Андреевна, доктор физико-математических наук, доцент, доцент кафедры теории вероятностей и кибербезопасности факультета физико-математических и естественных наук Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы».

Официальные оппоненты:

- **Степанов Сергей Николаевич** — гражданин РФ, доктор технических наук (специальность на стыке 05.25.01 — Теоретические основы информатики, 05.12.14 — Сети, узлы связи и распределение информации), профессор, заведующий кафедрой интеллектуальных сетевых и облачных технологий факультета сетевой инженерии Ордена Трудового Красного Знамени Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики»;
- **Семенова Ольга Валерьевна** — гражданин РФ, доктор физико-математических наук (специальность 05.13.18 — Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ), ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией 69 телекоммуникационных систем Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова Российской академии наук»;
- **Лапатин Иван Леонидович** — гражданин РФ, кандидат физико-математических наук (специальность 05.13.18 — Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ), доцент кафедры прикладной информатики института прикладной математики и компьютерных наук Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет»

дали положительные отзывы о диссертации.

В заключениях отзывов оппонентов указано, что диссертационная работа полностью соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук согласно пункту 2.2 раздела II Положения о присуждении учёных степеней в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы», утверждённого Учёным советом РУДН, протокол УС-1, 22.01.2024, а её автор, Куцазли Анна Ивановна, заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.3. Теоретическая информатика, кибернетика.

Основные результаты, выводы и рекомендации диссертационного исследования отражены 12 работах, в том числе 3 опубликованы в рецензируемых научных из-

даниях Перечня ВАК РФ (К-1, К-2) / Перечня РУДН / МБЦ WoS, Scopus, получены 3 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ (К-3). Общий объем 101 стр. Авторский вклад 80%.

Наиболее значимые публикации:

1. Kushchazli A., Leonteva K., Gaidamaka E., Kochetkova I. A delay-aware queuing model for performance analysis of service migration in MEC-Cloud environments // Lecture Notes in Computer Science. – 2026. – Vol. 16461. – P. 1–16.
2. 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.
3. 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.
4. 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.
5. Кушазли А.И., Леонтьева К.А., Кочеткова И.А. Расчет показателей эффективности модели миграции виртуальных машин между серверами облачной инфраструктуры с выбором наименее загруженного сервера // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025681795 РФ : заявл. 04.07.2025 : опубл. 18.08.2025.
6. Ермолаев А.М., Кушазли А.И., Кочеткова И.А. Классификация пакетов передачи данных по типам услуг методом двухэтапного анализа метаданных для инструментов захвата сетевого трафика // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025685024 РФ : заявл. 18.08.2025 : опубл. 19.09.2025.
7. Сафаргалиева А.И., Кушазли А.И., Нохуров М., Кочеткова И.А. Расчет характеристик модели выполнения задач в среде облачных вычислений с миграцией виртуальных машин // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023663762 РФ : № 2023662447 : заявл. 15.06.2023 : опубл. 28.06.2023.
8. Кушазли А.И. Система массового обслуживания с перемещением классов заявок по группам приборов для анализа миграции сервисов в облачной инфраструктуре // Ломоносов-2025 : материалы Международного молодежного научного форума, Москва, 11–25 апреля 2025 г. – М.: МАКС Пресс, 2025. – С. 216–217.
9. Ермолаев А.М., Кушазли А.И., Хакимов А.А., Кочеткова И.А. Разработка модели трафика в задаче миграции сервисов между граничными МЕС-узлами и облаком // Информационно-телекоммуникационные технологии и математическое моделирование высокотехнологичных систем : материалы Всероссийской конференции с международным участием, Москва, 07–11 апреля 2025 г. – М.: РУДН, 2025. – С. 144–148.

10. Куцазли А.И., Власкина А.С., Кочеткова И.А. Система массового обслуживания с перемещением классов заявок между группами приборов для анализа миграции виртуальных машин в облачных вычислениях // Информационные технологии и технические средства управления (ICST-2024): материалы VIII Международной научной конференции, Владикавказ, 01–05 октября 2024 г. – М. : ИПУ РАН, 2024. – С. 404–405.
11. Куцазли А.И., Сафаргалиева А.И., Кочеткова И.А. Система массового обслуживания с перемещением классов заявок между группами приборов для анализа миграции виртуальных машин // Информационно-телекоммуникационные технологии и математическое моделирование высокотехнологичных систем: материалы Всероссийской конференции с международным участием, Москва, 08–12 апреля 2024 г. – М.: РУДН, 2024. – С. 69–72.
12. Силкина М.А., Куцазли А.И., Кочеткова И.А., Горшенин А.К. К статистическому анализу профиля трафика мобильного оператора // Информационно-телекоммуникационные технологии и математическое моделирование высокотехнологичных систем: материалы Всероссийской конференции с международным участием, Москва, 18–22 апреля 2022 г. – М.: РУДН, 2022. – С. 152–155.

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

- **Фархадов Маис Паша оглы** — гражданин РФ, доктор технических наук (специальность 05.13.15 — Вычислительные машины, комплексы и компьютерные сети), старший научный сотрудник, главный научный сотрудник, заведующий лабораторией Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук.

В отзыве дана положительная оценка автореферата диссертации. В качестве недостатков указано следующее.

1. В автореферате недостаточно подробно описаны границы применимости предложенного матричного алгоритма при больших значениях параметра  $N$ .
  2. Перспективным направлением может стать интеграция методов машинного обучения, например, обучения с подкреплением, для адаптивного управления миграцией в условиях высокой динамики.
- **Барбанова Елизавета Александровна** — гражданин РФ, доктор технических наук (специальность 05.12.13 — Системы, сети и устройства телекоммуникаций), доцент, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией 49 инфраструктурных систем Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем управления им. В. А. Трапезникова Российской академии наук.

В отзыве дана положительная оценка автореферата диссертации. В качестве недостатков указано следующее.

1. Из текста автореферата хотелось бы яснее увидеть, учитывались ли при оценке эффективности предложенной адаптивной политики миграции накладные расходы (вычислительные затраты и сигнальный трафик), возникающие при постоянном пересмотре решений в фазе высокой нагрузки.

— **Цитович Иван Иванович** — гражданин РФ, доктор физико-математических наук (специальность 05.13.17 — Теоретические основы информатики), доцент, профессор Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)».

В отзыве дана положительная оценка автореферата диссертации. В качестве недостатков указано следующее.

1. Для ММРР-потока в примере (формула 30) матрица  $D_1$  имеет почти равные диагональные элементы, что делает поток близким к пуассоновскому. В разделе 3.4 постулируется  $\lambda_1 > \lambda_0$ , но численный пример этого не иллюстрирует. Следовало бы выбрать сервис с более контрастными фазами.
2. Из текста автореферата не до конца ясно, чем обусловлен выбор именно ММРР-потока вместо более общего МАР-потока (Markovian Arrival Process) для описания коррелированного входного трафика.
3. Разработанные аналитические модели не верифицированы с помощью имитационного моделирования, что ограничивает оценку их точности при отклонении от принятых предположений.

— **Клименко Анна Борисовна** — гражданин РФ, кандидат технических наук (специальность 05.13.17 — Теоретические основы информатики), доцент, доцент Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный гуманитарный университет».

В отзыве дана положительная оценка автореферата диссертации. В качестве недостатков указано следующее.

1. В моделях глав 2 и 3 предполагается, что времена обслуживания заявок распределены экспоненциально. Хотя это стандартное допущение для марковских моделей, в реальных системах распределения могут быть более общими. Было бы интересно обсудить, насколько критично это ограничение.

2. В формулах (4), (11) и (15) политики миграции задаются через операции выбора экстремума:  $\arg\min$  или  $\arg\max$ . Было бы полезно явно указать правило разрешения неоднозначности в случае, когда минимум или максимум достигается на нескольких допустимых серверах, сервисах или действиях.

Все рецензенты отмечают, что приведённые замечания не снижают ценность результатов диссертационной работы и не влияют на её положительную оценку.

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

**Степанов Сергей Николаевич** является крупным специалистом в области математической теории телетрафика и систем массового обслуживания. В частности, в сфере его научных интересов находится разработка математических моделей и алгоритмов совместного обслуживания мультисервисного трафика — трафика реального времени и эластичного трафика данных — в многоклассовых системах с ресурсным разделением, включая облачные вычислительные системы и узлы доступа беспроводных сетей, что является одним из важных аспектов диссертационного исследования соискателя.

Основные публикации Степанова Сергея Николаевича по тематике диссертационного исследования:

1. Maslov A. A., Sebekin G. V., Stepanov M. S., Stepanov S. N. S. N., Shchurkov A. O. IoT Data Network Model Based on Spacecraft in Low Circular Orbits. Part 2. Random Multiple Access Mode with Packet Acceptance Confirmation // Journal of Communications Technology and Electronics. – 2025. – Vol. 70, № 8. – P. 430–443.
2. Maslov A. A., Sebekin G. V., Stepanov M. S., Stepanov S. N. S. N., Shchurkov A. O. IoT Data Network Model Based on Spacecraft in Low Circular Orbits. Part 1. One-Way Random Multiple Access Mode // Journal of Communications Technology and Electronics. – 2025. – Vol. 70, № 8. – P. 418–429.
3. Maslov A. A., Sebekin G. V., Stepanov M. S., Stepanov S. N. S. N., Shchurkov A. O. Modeling of Subscriber Service Processes in a Data Transmission Network Based on High-Throughput Satellites. II // Journal of Communications Technology and Electronics. – 2025. – Vol. 70, № 4. – P. 168–181.
4. Maslov A. A., Sebekin G. V., Stepanov M. S., Stepanov S. N. 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, № 10. – P. 376–385.
5. Galiaskarov D. F., Stepanov S. N. S. N., Nikolaychuk N. N., Pshenichnikov A. P., Kanishcheva M. G. Dynamic Load Balancing in Data Center // 2024 Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications, SOSG 2024 –

Conference Proceedings. – 2024.

6. Stepanov M. S., Stepanov S. N. S. N., Kanishcheva M. G., Kroshin F. S. Analysis of Procedures for Joint Servicing of Multiservice Traffic in Access Nodes // Lecture Notes in Computer Science. – 2024. – Vol. 14123 LNCS. – P. 222–235.
7. Stepanov S. N. S. N., Stepanov M. S. Approximate Method for Estimating Characteristics of Joint Service of Real-Time Traffic and Elastic Data Traffic in Multiservice Access Nodes // Automation and Remote Control. – 2023. – Vol. 84, № 11. – P. 1191–1207.
8. Stepanov M. S., Stepanov S. N. S. N., Kroshin F. S. Effective Algorithm of Estimation the Performance Measures of Group of Servers with Dependence of Call Repetition on the Type of Call Blocking // Lecture Notes in Computer Science. – 2022. – Vol. 13766 LNCS. – P. 324–337.
9. Volkov A. O., Korobkina A. V., Stepanov S. N. S. N. Development of a Model and Algorithms for Servicing Real-Time and Data Traffic in a Cloud Computing System // 2022 Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications, SOSG 2022 – Conference Proceedings. – 2022.
10. Stepanov M. S., Stepanov S. N. S. N., Andrabi U. M., Petrov D. I., Ndayikunda J. The Increasing of Resource Sharing Efficiency in Network Slicing Implementation // Communications in Computer and Information Science. – 2022. – Vol. 1552 CCIS. – P. 18–35.

**Семенова Ольга Валерьевна** является крупным специалистом в области теории массового обслуживания и ее приложений к анализу телекоммуникационных систем. В частности, в сфере ее научных интересов находится исследование систем массового обслуживания с коррелированными входными потоками (MAP, BMAP), повторными вызовами (retrial queues), многофазными и тандемными структурами, а также анализ переходных и стационарных характеристик таких систем применительно к широкополосным беспроводным сетям и распределенным вычислительным системам, что является одним из важных аспектов диссертационного исследования соискателя.

Основные публикации Семеновой Ольги Валерьевны по тематике диссертационного исследования:

1. Vishnevsky V. M., Klimenok V. I., Semenova O. V., Dang M. Retrial tandem queueing system with correlated arrivals // AIMS Mathematics. – 2025. – Vol. 10, № 5. – P. 10650–10674.
2. Sokolov A. M., Semenova O. V., Larionov A. A. Examining the Performance of a Distributed System Through the Application of Queuing Theory // Communications in Computer and Information Science. – 2024. – Vol. 2129 CCIS. – P. 16–32.
3. Vishnevsky V. M., Semenova O. V., Nguyen V. H., Dang M. Batch Service Polling System: Mathematical Analysis and Simulation Modeling // Lecture Notes in Computer Science.

- 2024. – Vol. 14123 LNCS. – P. 142–155.
4. Vishnevsky V. M., Semenova O. V., Dang M., Nguyen V. H. Multiphase Queuing System of Blocking Queues and a Single Common Orbit Retrial Queue with Limited Buffer // Lecture Notes in Computer Science. – 2024. – Vol. 14123 LNCS. – P. 209–221.
  5. Barabanova E. A., Vishnevsky V. M., Vytovtov K. A., Semenova O. V. Methods of Analysis of Information-Measuring System Performance under Fault Conditions // Journal of Communications Technology and Electronics. – 2023. – Vol. 68. – P. S368–S376.
  6. Vishnevsky V. M., Vytovtov K. A., Barabanova E. A., Semenova O. V. Analysis of a MAP/M/1/N Queue with Periodic and Non-Periodic Piecewise Constant Input Rate // Mathematics. – 2022. – Vol. 10, № 10. – Art. 1684.
  7. 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, № 2. – Art. 269.
  8. Vishnevsky V. M., Vytovtov K. A., Barabanova E. A., Semenova O. V. Transient behavior of the map/m/1/n queueing system // Mathematics. – 2021. – Vol. 9, № 20. – Art. 2559.
  9. 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, № 9. – P. 1607–1613.

**Лапатин Иван Леонидович** является крупным специалистом в области теории массового обслуживания и математического моделирования вычислительных систем. В частности, в сфере его научных интересов находится исследование систем массового обслуживания с коррелированными входными потоками (MAP, MMPP), деградацией скорости обслуживания, ресурсными системами, а также математическое моделирование жизненного цикла виртуальных машин и производительности облачных узлов с применением асимптотических методов анализа, что является одним из важных аспектов диссертационного исследования соискателя.

Основные публикации Лапатина Ивана Леонидовича по тематике диссертационного исследования:

1. Nazarov A. A., Moiseev A. N., Paul S. V., Lapatin I. L., Fedorova E. A., Lizyura O. D., Salimzyanov R., Salimzyanova D. Mathematical Model of Cloud Node Using Closed Queueing System with Service Rate Degradation // Proceedings – 2025 21st International Asian School-Seminar on Optimization Problems of Complex Systems, OPCS 2025. – 2025.
2. Пауль С. В., Назаров А. А., Лапатин И. Л., Иванова А. С. Моделирование производительности облачного узла при коррелированном характере нагрузки // Информационные и математические технологии в науке и управлении. – 2025. – № 4(40). – С. 90–101.
3. Nazarov A. A., Lapatin I. L., Lizyura O. D. Approbation of Asymptotic Method for Queue

- with an Unlimited Number of Servers and State-Dependent Service Rate // Lecture Notes in Computer Science. – 2024. – Vol. 14123 LNCS. – P. 361–372.
4. Fedorova E. A., Lapatin I. L., Lizyura O. D., Moiseev A. N., Nazarov A. A., Paul S. V. Queueing System with Two Phases of Service and Service Rate Degradation // Axioms. – 2023. – Vol. 12, № 2. – Art. 104.
  5. Fedorova E. A., Lapatin I. L., Lizyura O. D., Moiseev A. N., Nazarov A. A., Paul S. V. Asymptotic Analysis of Two-Phase Queueing System with Service Rate Degradation and Heterogeneous Customers // 2023 5th International Conference on Problems of Cybernetics and Informatics, PCI 2023. – 2023.
  6. Nazarov A. A., Moiseev A. N., Lapatin I. L., Paul S. V., Lizyura O. D., Pristupa P. V., Peng X., Chen L., Bai B. B. Real Waiting Time in Single-Server Resource Queue with Markovian Arrival Process // Communications in Computer and Information Science. – 2023. – Vol. 1803 CCIS. – P. 116–125.
  7. Fedorova E. A., Lapatin I. L., Lizyura O. D., Moiseev A. N., Nazarov A. A., Paul S. V. Mathematical Modeling of Virtual Machine Life Cycle Using Branching Renewal Process // Communications in Computer and Information Science. – 2023. – Vol. 1803 CCIS. – P. 29–39.
  8. Blaginin A., Lapatin I. L. Approximation of the Two-Dimensional Output Process of a Retrial Queue with MMPP Input // Communications in Computer and Information Science. – 2022. – Vol. 1552 CCIS. – P. 333–345.
  9. Nazarov A. A., Moiseev A. N., Lapatin I. L., Paul S. V., Lizyura O. D., Pristupa P. V., Peng X., Chen L., Bai B. B. Semi-markov Resource Flow as a Bit-Level Model of Traffic // Communications in Computer and Information Science. – 2022. – Vol. 1552 CCIS. – P. 220–232.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

- разработаны модели миграции виртуальных машин в облачной инфраструктуре и сервисов между граничным и облачными серверами в виде систем массового обслуживания с политиками миграции, основанными на критериях занятой пропускной способности, загрузки и суммарной межконцевой задержки, при которых решения принимаются в моменты изменения состояний системы;
- разработаны алгоритмы анализа и расчёта показателей эффективности миграции, включая вероятность миграции, среднюю высвобождаемую пропускную способность сервера и среднюю суммарную межконцевую задержку;
- предложены алгоритмы выбора политики миграции виртуальных машин между облачными серверами на основе критерия минимизации занятой пропускной способности серверов с оценкой занятости приборов до и после размещения поступившей заявки, при этом решение о миграции принимается только в момент

поступления новой заявки соответствующего класса;

- предложен алгоритм выбора политики миграции пользователей сервисов между граничным и облачными серверами на основе критерия минимизации суммарной межконцевой задержки с учётом количества заявок в системе и структуры их размещения, при этом решение о миграции принимается при каждом изменении состояний системы;
- предложен адаптивный алгоритм выбора политики миграции пользователей сервисов между граничным и облачными серверами, при этом решение о миграции зависит от фазы потока: в фазе высокой интенсивности решение пересматривается при каждом событии, в фазе низкой интенсивности – только при поступлении заявки или смене фазы;
- получено оптимальное распределение заявок в задаче миграции сервисов в гранично-облачной архитектуре в виде функции от числа заявок в системе, при этом стационарное распределение вероятностей состояний имеет мультипликативный вид;
- получена матрица интенсивностей переходов в блочно-трехдиагональном виде для модели миграции одного сервиса с коррелированным входным потоком;

-введены формализованные описания процессов миграции виртуальных машин и сервисов в гранично-облачных вычислениях в терминах систем массового обслуживания, обеспечивающие единый математический аппарат для их анализа.

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**

доказаны утверждения, позволяющие вычислять стационарные распределения вероятностей состояний моделей миграции виртуальных машин и сервисов, оптимальные политики миграции и показатели эффективности обслуживания в облачной инфраструктуре и гранично-облачной архитектуре; результативно использован комплекс методов математической теории телетрафика, теории массового обслуживания, марковских случайных процессов, матричных аналитических методов и статистического оценивания параметров входного потока; изложены различные схемы миграции виртуальных машин и сервисов и критерии принятия решения о миграции — по занятой пропускной способности и суммарной межконцевой задержке, а также адаптивная политика, зависящая от фазы входного потока; изучено влияние коррелированного характера входного потока заявок в форме ММРР на эффективность миграции.

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

разработанные математические модели, формулы и алгоритмы могут быть применены сотовыми операторами и провайдерами облачных и граничных сервисов при развертывании и эксплуатации беспроводных сетей следующих поколений для наиболее эффективного использования доступной пропускной способности и вычис-

лительных ресурсов граничных узлов с учетом требований к качеству обслуживания (QoS) трафика; полученные результаты обеспечивают научно обоснованные рекомендации по выбору оптимальной политики миграции виртуальных машин и сервисов с целью минимизации суммарной межконцевой задержки в гранично-облачной инфраструктуре. Результаты диссертационного исследования использованы в научных проектах РУДН.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

Достоверность обеспечивается правильностью выбранных методов и их перекрестной верификацией, а также численным анализом.

**Личный вклад соискателя состоит в:**

том, что Кущазли Анна Ивановна, работая самостоятельно и в коллективе соавторов участвовала на всех этапах исследовательского процесса – от постановки задач до получения основных научных результатов диссертации; принимала непосредственное участие в разработке комплекса математических моделей и алгоритмов для анализа процессов миграции виртуальных машин и сервисов в облачной и гранично-облачной инфраструктуре; лично участвовала в проведении научных исследований, включая разработку сценариев для численных экспериментов и получение исходных данных; участвовала в апробации результатов исследования на международных и всероссийских научных мероприятиях; участвовала в разработке методологической основы исследований; выполняла обработку и интерпретацию результатов численных экспериментов; подготовила основные публикации по теме диссертации, включая статьи в журналах, индексируемых в международных базах данных, что подтверждает высокий уровень самостоятельности, научной зрелости и результативности выполненной работы.

**Заключение диссертационного совета подготовили:**

- доктор технических наук, доцент, Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы» Бегишев В. О.;
- доктор физико-математических наук, профессор, Международной межправительственной научно-исследовательской организации Объединенный институт ядерных исследований Виноцкий С. И.;
- доктор физико-математических наук, профессор, Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы» Ланеев Е. Б..

На заседании **19 июня 2026 г.** диссертационный совет принял решение присудить Кущазли Анне Ивановне учёную степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 12 человек, из них 5 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 17 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 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.

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

Геворкян М. Н.

19 июня 2026 г.