

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА**  
Д 002.226.03, СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТА ПРОБЛЕМ УПРАВЛЕНИЯ  
ИМ. В.А. ТРАПЕЗНИКОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета от 4.4.22 г., № 4

О присуждении Ларионову Андрею Алексеевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Технология построения и методы исследования систем управления безопасностью дорожного движения на основе широкополосных беспроводных сетей и радиочастотной идентификации» по специальности 05.13.15 «Вычислительные машины, комплексы и компьютерные сети» (по техническим наукам) принята к защите 31.01.2022 (протокол заседания № 2) диссертационным советом Д 002.226.03, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук (117997, Москва, ул. Профсоюзная, д. 65, приказ ВАК о создании диссертационного совета № 105/нк от 11.04.2012 г.)

Соискатель Ларионов Андрей Алексеевич, 1985 года рождения, в 2007 году окончил с отличием Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова по специальности «Прикладная математика и информатика», работает в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Института проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук в лаборатории № 69 в должности научного сотрудника.

Справка о прикреплении в качестве соискателя и сдаче кандидатских экзаменов выдана в аспирантуре Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук 06 декабря 2021 года.

Диссертация выполнена в лаборатории № 69 Института проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук.

**Научный руководитель** – доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник **Вишневицкий Владимир Миронович**, заведующий лабораторией № 69 Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук.

**Официальные оппоненты:**

**Кучерявый Евгений Андреевич**, доктор технических наук, доцент, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», профессор Московского института электроники и математики им. А.Н. Тихонова,

**Степанов Михаил Сергеевич**, кандидат технических наук, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», доцент кафедры «Сети связи и системы коммутации»,

дали положительные отзывы на диссертацию.

**Ведущая организация** – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича» (СПбГУТ), в своем положительном отзыве, подписанном профессором кафедры сетей связи и передачи данных, д.т.н., доцентом **Парамоновым А.И.**, профессором кафедры сетей связи

и передачи данных, д.т.н., доцентом **Маколкиной М.А.**, утвержденном проректором по научной работе СПбГУТ, д.т.н., с.н.с. **Шестаковым А.В.**, указала, что результаты, полученные в диссертации, могут быть использованы в научных исследованиях, а именно задачах анализа беспроводных сетей связи с учетом составляющей, вносимой современными и перспективными элементами автотранспорта и дорожной инфраструктуры. Разработанные методы рекомендуется использовать при планировании беспроводных сетей связи с учетом применения радиочастотной идентификации автомобилей.

Диссертационная работа А.А. Ларионова на соискание ученой степени кандидата технических наук является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований систем безопасности на автодорогах с использованием радиочастотной идентификации и широкополосных беспроводных сетей разработаны теоретические и практические положения, совокупность которых можно квалифицировать как **решение научной задачи, имеющей значение для развития соответствующей отрасли знаний**, что соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», а ее автор заслуживает присуждения искомой ученой степени по специальности 05.13.15 – Вычислительные машины, комплексы и компьютерные сети.

**Заключение ведущей организации имеет следующие замечания:**

1. В главе 2 отсутствует обоснование выбора модели расчета вероятности битовой ошибки (BER). Дополнительное исследование точности различных моделей может быть предметом дальнейших исследований.

2. При построении модели в главе 3 сделано упрощающее предположение о постоянстве вероятности битовой ошибки (BER). Учет изменения BER усложнит модель, но повысит ее адекватность и позволит получить более точные результаты. Это может быть предметом дальнейших исследований.

3. В главе 4 упоминается EM-алгоритм восстановления потоков, однако не приведено численных результатов его применения.

4. Материал в автореферате освещен не совсем равномерно, пятая глава описана менее полно по сравнению с главами 3 и 4. Присутствует незначительное число орфографических ошибок и опечаток.

Приведенные замечания не влияют на общую положительную оценку диссертации и не умаляют значимость проделанной работы.

**Отзывы официальных оппонентов содержат следующие замечания.**

1. Отзыв официального оппонента д.т.н., доцента Кучерявого Е.А. содержит следующие замечания:

- Для более полного представления об области исследования в первой главе не хватает описания альтернативных технологий идентификации, например технологии DSRC (Dedicated Short-Range Communications), которая используется в транспондерах при оплате проезда на платных дорогах в Московской области.
- При расчете мощностей сигналов в главе 2 автор использует модель дипольной антенны для считывателя, хотя антенны считывателя имеют более сложные диаграммы направленности.
- В третьей главе автор использует допущение о постоянном значении битовой ошибки (BER). Для систем с метками, размещенных на автомобиле, BER изменяется значительно (что показывает и автор в главе 2), поэтому было бы желательно привести численный анализ влияния допущения на точность результатов аналитической модели.
- В четвертой главе недостаточно аргументирован выбор методов восстановления потоков (использование от одного до трех первых моментов и коэффициента корреляции).

- В четвертой главе есть замечание к представлению данных на рис. 4.18 (с.135): левая колонка не репрезентативна, стоило разбить на два графика с разным масштабом.
  - В пятой главе последний эксперимент, проведенный на ЦКАД, описан слишком кратко, отсутствуют численные данные (так как эксперимент завершился недавно, возможно, они не были доступны).
2. Отзыв официального оппонента, к.т.н, Степанова М.С. содержит следующие замечания:
- Перечень положений, выносимых на защиту, данный во Введении, следовало оформить не в виде списка результатов (модель, алгоритм и т.д.), а в виде утверждений (предложенная модель позволяет/улучшает и т.д.).
  - В первой главе, при обзоре технологий, используемых в диссертационном исследовании, стандарт RFID описан гораздо подробнее, чем стандарты IEEE 802.11. Также недостаточно полно описаны технологии, которые используются в центре обработки данных (например, системы управления базами данных).
  - В третьей главе нет формального обоснования корректности алгоритма итерационного вычисления длительностей раундов, не доказано, что он обязан сходиться к некоторому значению. В то же время, введенное ограничение на максимальное число итераций позволяет решить проблему возможных бесконечных циклов, и на практике во всех численных экспериментах алгоритм сходился.
  - В численных расчетах, приведенных в четвертой главе, автор использует произвольные случайные входящие потоки, не исследуя характеристики непосредственно потока считанных меток. Хотя поток данных от считывателя обуславливается, в первую очередь, свойствами автомобильного трафика (исследование которого – отдельная дисциплина), его исследование и использование в численных расчетах сделало бы результаты более наглядными.
  - Присутствует ряд замечаний редакционного характера, небольшое количество орфографических и пунктуационных ошибок и опечаток.

Соискатель имеет 20 опубликованных работ по теме диссертации, в том числе: 3 публикации в рецензируемых научных изданиях из перечня ВАК, 3 статьи в ведущих научных журналах, входящих в международные реферативные базы данных WoS/Scopus, 12 статей в прочих изданиях, входящих в международные реферативные базы данных WoS/Scopus, 1 публикация в издании, индексируемом РИНЦ.

#### **Наиболее значимые публикации из числа рецензируемых изданий:**

1. **A. Larionov**, R. Ivanov, V. Vishnevsky. UHF RFID in Automatic Vehicle Identification: Analysis and Simulation // IEEE Journal of Radio Frequency Identification. — IEEE, 2017. — 3. — Vol. 1, no. 1. — P. 3–12.
2. V. Vishnevsky, V. Klimenok, A. Sokolov, **A. Larionov**. Performance Evaluation of the Priority Multi-Server System MMAP/PH/M/N Using Machine Learning Methods // Mathematics. — MDPI, 2021. — Vol. 9, no. 24.
3. V. Vishnevsky, A. Krishnamoorthy, D. Kozyrev, **A. Larionov**. Review of methodology and design of broadband wireless networks with linear topology // Indian Journal of Pure and Applied Mathematics. — Springer, 2016. — Vol. 47, no. 2 — P. 329–342.
4. В.М. Вишнеvский, А. Кришнамурти, Д.В. Козырев, **А.А. Ларионов**, Р.Е. Иванов. Методы исследования и проектирования широкополосных беспроводных сетей вдоль протяженных транспортных магистралей // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. — Москва: Медиа ПАБЛИШЕР, 2015. — Т.9, №5. — С.~9--15.
5. В.М. Вишнеvский, **А.А. Ларионов**, О.В. Семёнова. Оценка производительности высокоскоростной беспроводной тандемной сети с использованием каналов сантиметрового и миллиметрового диапазона радиоволн в системах управления

- безопасностью дорожного движения // Проблемы управления. — Москва: Сенсидат-Плюс, 2013. — Т. 4. — С. 50–56.
6. В.М. Вишнеvский, Р.Н. Минниханов, А.Н. Дудин, В.И. Клименок, А.А. **Ларионов**. Новое поколение систем безопасности на автодорогах и их применение в интеллектуальных транспортных системах // Информационные технологии и вычислительные системы. — Москва: Издательство ИСА РАН, 2013. — Т. 4. — С. 80–89.
  7. В.М. Вишнеvский, А.А. **Ларионов**, Ю.В. Целикин. Анализ и исследование методов проектирования автоматизированных систем безопасности на автодорогах с использованием новых широкополосных беспроводных средств и RFID-технологий // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. — Москва: Медиа ПАБЛИШЕР, 2012. — Т. 7. — С. 48–54.
  8. V. Vishnevsky, A. **Larionov**. Stochastic Multiphase Models and Their Application for Analysis of End-to-End Delays in Wireless Multihop Networks // Applied Probability and Stochastic Processes. Infosys Science Foundation Series. — Springer, 2020. — P. 457–471.
  9. A. **Larionov**, V. Vishnevsky, O. Semenova, A. Dudin. A Multiphase Queueing Model for Performance Analysis of a Multi-hop IEEE 802.11 Wireless Network with DCF Channel Access // Information Technologies and Mathematical Modelling. Queueing Theory and Applications. ITMM 2019. Communications in Computer and Information Science. — Springer, 2019. — Vol. 1109. — P. 162–176.
  10. A. **Larionov**, R. Ivanov, V. Vishnevsky. A stochastic model for the analysis of session and power switching effects on the performance of UHF RFID system with mobile tags // 2018 IEEE International Conference on RFID (RFID). — Orlando: IEEE, 2018. — P. 1–8.
  11. V. Vishnevsky, A. **Larionov**, R. Ivanov. Applying UHF RFID for Vehicle Identification: Protocol and Propagation Simulation // 2017 IEEE International Conference on RFID (RFID). — Phoenix, AZ: IEEE, 2017. — 5. — P. 73–80.
  12. A.A. **Larionov**, V.M. Vishnevsky, R.E. Ivanov, O.V. Semenova. Estimation of IEEE 802.11 DCF access performance in wireless networks with linear topology using PH service time approximations and MAP input // Proceedings of the 11th IEEE International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT'2017, Moscow). — Vol. 2 — Moscow: IEEE, 2017. — P. 85–89.
  13. V.M. Vishnevsky, A.A. **Larionov**, O.V. Semenova, R.E. Ivanov. State Reduction in Analysis of a Tandem Queueing System with Correlated Arrivals // Communications in Computer and Information Science. — Vol. 800. — Springer, 2017. — P. 215–230.
  14. V.M. Vishnevsky, A.A. **Larionov**, R.E. Ivanov. An open queueing network with a correlated input arrival process for broadband wireless network performance evaluation // Communications in Computer and Information Science. — Vol. 638. — Springer, 2016. — P. 354–365.
  15. V. Vishnevsky, A. Dudin, D. Kozyrev, A. **Larionov**. Methods of performance evaluation of broadband wireless networks along the long transport routes // Communications in Computer and Information Science. — Vol. 601. — Springer, 2016. — P. 72–85.
  16. V. Vishnevsky, A. **Larionov**, R. Ivanov. Analysis and Simulation of UHF RFID Vehicle Identification System // Communications in Computer and Information Science. — Vol. 678. — Springer, 2016 — P. 35–46.
  17. V. Vishnevsky, A. **Larionov**, R. Ivanov. Architecture of application platform for RFID-enabled traffic law enforcement system // 2014 7th International Workshop on Communication Technologies for Vehicles, Nets4Cars-Fall 2014. — IEEE, 2014. — P. 45–49.
  18. V. Vishnevsky, A. **Larionov**. Design concepts of an application platform for traffic law enforcement and vehicles registration comprising RFID technology // 2012 IEEE

На диссертацию и автореферат поступили отзывы, все отзывы положительные.

**Отзывы на автореферат без замечаний:**

1. Отзыв на автореферат д.т.н. **Никитина П.В.**, главного инженера компании «Импиндж» (Impinj Inc., США).

**Отзывы на автореферат с замечаниями:**

2. Отзыв на автореферат д.ф.-м.н. **Гайдамака Ю.В.**, профессора кафедры прикладной информатики и теории вероятностей РУДН содержит следующие замечания:
  - Точность аналитической оценки метрик беспроводной сети вычислена относительно имитационной модели сети. Интересным было бы сравнение аналитической оценки метрик с измерениями на реальной сети.
  - Не описаны подробности реализации имитационных моделей, которые используются в главах 2, 3 и 4.
  - В печатном варианте автореферата на графиках отсутствуют маркеры, которые упоминаются в соответствующем тексте при изложении результатов численного анализа. Также в автореферате имеются стилистические неточности и опечатки.
3. Отзыв на автореферат д.ф.-м.н. **Моисеевой С.П.**, профессора кафедры теории вероятностей и математической статистики Томского государственного университета, содержит следующие замечания.
  - В главе автор предлагает различные подходы к аппроксимации потоков обслуженных пакетов. Анализ точности аппроксимаций приводится только на основе численного эксперимента. Было бы интересно добавить аналитическое исследование ошибки.
  - На рис. 5 наблюдается хорошая точность на левом графике, и большое расхождение оценки с реальными данными (до 50%) на среднем графике, но не объяснения такого расхождения.
4. Отзыв на автореферат к.т.н. **Барского И.В.**, главного конструктора ООО «СИМИКОН», содержит следующие замечания.
  - Последняя глава описана в автореферате очень скудно.
  - Автор недостаточно четко поясняет, зачем разрабатывать новую систему для управления RFID-считывателями, почему нельзя использовать готовые решения.
  - Было бы интересно увидеть анализ характеристик надежности и производительности предложенной в диссертации системы управления.
5. Отзыв на автореферат д.т.н. **Бакановой Н.Б.**, ведущего научного сотрудника Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, содержит следующие замечания.
  - Описание главы 5 в автореферате – очень краткое, компоненты и протоколы системы просто перечислены, без сколь-нибудь детального описания, не представлены графические и численные данные о результатах экспериментальных внедрений, дается только общая оценка вероятности идентификации (первый эксперимент) и максимальная скорость, на которой метка была считана (второй эксперимент).
  - В разделе «Заключение» перечислены результаты работы, но не отмечены направления и перспективы развития проведенных исследований.
6. Отзыв на автореферат к.т.н. **Терентьева А.И.**, доцента Института МПСУ МИЭТ, содержит следующие замечания.
  - В главе 2 автор рассматривает только двухлучевую модель распространения сигнала, хотя отражения могут быть от других автомобилей и ограждений.

- Отсутствуют данные о численных параметрах, для которых определены значения вероятности успешной идентификации автомобиля на рис. 2.
- Желательно рассмотреть альтернативные варианты размещения меток, например, под лобовым стеклом.
- Учитывая, что не всегда возможно установить антенны над дорожным полотном следовало исследовать размещение считывателей рядом с дорогой.

**Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается профилем их научной деятельности и профессиональных интересов.**

- Кучерявый Евгений Андреевич, д.т.н., доцент, является одним из ведущих отечественных специалистов в области широкополосных беспроводных сетей и интеллектуальных транспортных систем.
- Степанов Михаил Сергеевич, к.т.н., является известным специалистом в области приложений теории вероятности и теории случайных процессов, моделирования распределенных вычислительных систем, компьютерных и телекоммуникационных сетей.
- Ведущая организация - Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича» (СПбГУТ) - является одним из ведущих центров исследований и подготовки специалистов в области современных компьютерных систем и телекоммуникационных сетей, выполняет фундаментальные исследования по развитию теоретических основ построения информационных систем.

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

- **Предложена** и исследована стохастическая модель системы радиочастотной идентификации ТС, учитывающая скорость движения RFID-меток, расположенных на номерных знаках автомобилей, а также различные сценарии проведения циклического опроса и сбора данных с меток;
- **Разработан** комплекс новых аналитических и имитационных моделей для анализа вероятности идентификации ТС, учитывающих особенности логического и физического уровней протокола стандарта EPC Class 1 Gen.2, и особенности распространения радиосигналов между RFID-меткой и считывателем;
- **Предложена** новая методика моделирования многошаговых беспроводных сетей с помощью тандемных сетей массового обслуживания, учитывающая особенности трафика и интерференции в каналах связи;
- **Разработан** оригинальный метод вычисления оценок характеристик многофазных систем массового обслуживания большой размерности с коррелированными входными потоками и распределениями обслуживания фазового типа;
- **Разработана** архитектура и реализована новая распределенная компьютерная система управления RFID-считывателями, предназначенная для организации сбора данных об идентифицированных транспортных средствах;
- **получены и обработаны** экспериментальные данные при опытных внедрениях разработанной распределенной компьютерной системы радиочастотной идентификации на автодорогах в г. Казань и на ЦКАД в Московской области, показавшая высокое совпадение с теоретическими результатами диссертации.

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

- **развиты** методы использования стохастических марковских процессов для

- исследования эффективности систем радиочастотной идентификации;
- **применительно к проблематике диссертации результативно использованы** методы теории марковских случайных процессов, теории массового обслуживания, методы имитационного моделирования;
  - **разработан** подход к расчету характеристик производительности беспроводных сетей, основанный на использовании сетей массового обслуживания и вычисления их характеристик с помощью сокращения пространства состояний выходящих потоков;
  - **разработан** комплекс аналитических и имитационных моделей системы радиочастотной идентификации автомобилей, учитывающих скорость движения RFID-меток, расположенных на номерных знаках автомобилей, а также различные сценарии проведения циклического опроса и сбора данных с меток;
  - **разработана и математически описана** новая стохастическая модель системы радиочастотной идентификации мобильных меток, учитывающая сценарии проведения циклического опроса меток считывателем, описывающая поведение системы с помощью двух неоднородных марковских процессов;
  - **показана** целесообразность и перспективность использования на практике полученных методов и алгоритмов при исследовании и проектировании систем идентификации транспорта с использованием радиочастотной идентификации.

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

**созданы** аналитические и имитационные модели и методы, которые могут эффективно использоваться для оценки производительности систем радиочастотной идентификации автомобилей и широкополосных беспроводных сетей; **разработана и внедрена** распределенная система управления считывателями и программное обеспечение, что подтверждено актами о внедрении от Государственного бюджетного учреждения «Безопасность дорожного движения» (г. Казань) и ПАО «Микрон»; результаты работы **использованы** в исследованиях, проводимых по ряду грантов Министерства образования и науки РФ, Российского научного фонда (РНФ) и Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ).

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

- **предложенные модели и методы основаны** на применении и обобщении существующих научных подходов и практики в области моделирования и анализа беспроводных сетей, систем радиочастотной идентификации, систем и сетей массового обслуживания, распределенных компьютерных систем;
- **теоретические результаты и выводы диссертационной работы** основаны на известных, проверяемых данных, согласуются с опубликованными исследованиями по теме диссертации (моделирование беспроводных сетей, моделирование и исследование систем радиочастотной идентификации, теория сетей массового обслуживания, теория случайных марковских процессов, теория построения распределенных сетей и систем);
- **научные результаты**, представленные в диссертации, не противоречат общепринятым концепциям и положениям, научные положения и выводы корректны и подтверждены математическими доказательствами, а также результатами математического и компьютерного моделирования;
- разработанные модели, методы, алгоритмы и программные решения **апробированы** при экспериментальных внедрениях и проведении научно-исследовательских работ и **нашли эффективное применение** на практике.

**Личный вклад соискателя состоит** в самостоятельном получении всех основных

результатов диссертационного исследования, а именно: анализе предметной области, в постановке цели и задач диссертационного исследования, в разработке и исследовании аналитических и имитационных моделей системы радиочастотной идентификации автомобилей; разработке методики моделирования многошаговых беспроводных сетей с помощью тандемных сетей массового обслуживания; разработке метода вычисления оценок характеристик многофазных систем массового обслуживания большой размерности с коррелированными входными потоками; разработке архитектуры и реализации распределенной компьютерной системы управления RFID-считывателями сбора данных с идентифицированных меток; проведении экспериментальных внедрений разработанной распределенной системы, сборе и обработке экспериментальных данных. Личное авторство всех идей и положений диссертации подтверждается публикациями статей в рецензируемых журналах и докладов на международных конференциях.

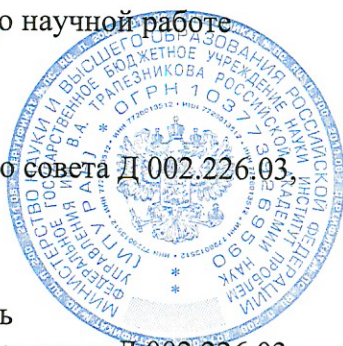
На заседании 4 апреля 2022 г. диссертационный совет принял решение за разработку методов исследования и проектирования распределенных компьютерных систем безопасности на автодорогах с использованием радиочастотной идентификации и широкополосных беспроводных сетей, совокупность которых можно квалифицировать как **решение научной задачи, имеющей значение для развития соответствующей отрасли знаний**, присудить Ларионову А.А. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 6 докторов по специальности 05.13.15, участвовавших в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение учёной степени - 17, против – 0.

Зам. директора по научной работе  
д.т.н.

С.А. Краснова

Председатель  
диссертационного совета Д 002.226.03,  
д.т.н.



О.П. Кузнецов

Ученый секретарь  
диссертационного совета Д 002.226.03,  
к.т.н.

А.А. Кулинич

4 апреля 2022 г