

ОТЗЫВ

Барabanовой Елизаветы Александровны
на автореферат диссертации Платоновой Анны Алексеевны на тему
«Построение и анализ модели для расчета вероятностно-временных
характеристик сети интегрированного доступа и транзита с разделением
ресурсов», представленной к защите на соискание ученой степени кандидата
физико-математических наук по специальности
1.2.3 – Теоретическая информатика, кибернетика

Диссертационная работа Платоновой А.А. посвящена актуальной задаче – построению и анализу математических моделей для расчета вероятностно-временных характеристик сетей интегрированного доступа и транзита (Integrated Access and Backhaul, IAB) с разделением ресурсов. В условиях развертывания сетей 5G/6G и роста числа подключенных устройств, например, промышленной автоматизации, телемедицины, обеспечение сверхнизких задержек и возраста информации (Age of Information, AoI) стало фундаментальным вызовом. В связи с этим разработка методов оптимизации управления ресурсами, учитывающих специфику полудуплексных многошаговых сетей, имеет важное теоретическое и практическое значение.

Автореферат отражает последовательное и логичное изложение результатов исследования. В первой главе автором разработана методика разделения ресурсов между слайсами на основе максиминной справедливости, учитывающая приоритизацию и избыточное резервирование ресурсов («овербукинг»). Вторая глава посвящена построению математической модели слайса с эластичным трафиком в виде системы массового обслуживания с дисциплиной разделения процессора; в ней введено понятие деградации обслуживания и проведен сравнительный анализ показателей качества предоставления услуг для различных методов вызова процедуры нарезки ресурса. В третьей главе исследуются модели передачи трафика в сетях IAB, где задача минимизации средней сквозной задержки и пикового возраста информации решена путем оптимизации долей времени активности каналов, а случайные величины задержки на маршруте аппроксимированы распределением фазового типа.

Научная новизна полученных результатов заключается в учете при разделении ресурсов приоритизации слайсов, а также применении «овербукинга», что позволяет

эффективнее использовать пропускную способность сети; введено понятие деградации обслуживания, на основе которого получено аналитическое выражение для вероятности снижения качества предоставления услуги; кроме того, формализована и решена задача минимизации сквозной задержки и пикового возраста информации в сетях IAB, при этом случайная величина задержки на маршруте впервые моделировано распределением фазового типа.

Практическая значимость работы обоснована тем, что применение разработанных моделей и алгоритмов для проектирования и оптимизации сетей 5G/6G позволяет операторам связи гарантировать требуемое качество обслуживания и снижать вычислительную сложность управления ресурсами. Практическая ценность результатов подтверждается их реализацией в рамках грантов РФФИ и получением 3 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ.

О высоком уровне научной квалификации Платоновой А.А. свидетельствует опубликование основных результатов исследования в 11 печатных работах, включая 5 статей в изданиях, индексируемых в базе данных Scopus, и 1 статью из перечня ВАК. Достоверность результатов подтверждается их обсуждением на международных конференциях и верификацией с помощью имитационного моделирования в среде OMNeT++.

При общей положительной оценке содержания работы, в порядке дискуссии и в качестве рекомендаций по развитию темы исследования, целесообразно отметить следующее.

1. В автореферате не указано, различаются ли решения проблем минимизации с целевыми функциями средней сквозной задержки и среднего пикового возраста информации.
2. Почему в качестве целевой функции на маршруте минимизируется средняя задержка по сети, а не максимальная задержка по сети или задержка на наиболее длинном по числу шагов маршруте?

Высказанные соображения не затрагивают концептуальных основ исследования, носят рекомендательный характер и не снижают высокой научной и практической значимости диссертационной работы.

Судя по автореферату, диссертационное исследование Платоновой Анны Алексеевны является законченной научно-квалификационной работой,

соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук согласно пункта 2.2 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, протокол УС-1, 22.01.2024, а его автор, Платонова Анна Алексеевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.3. Теоретическая информатика, кибернетика.

« 10 » июня 2026 г.

Барабанова Елизавета Александровна, доктор технических наук (05.12.13 – Системы сети и устройства телекоммуникаций), доцент, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией 49 инфраструктурных систем Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук, e-mail: barabanova@ipu.ru.


/Барабанова Елизавета Александровна
Подпись 
ЗАВЕРЯЮ
ВЕД. ИНЖЕНЕР
Заложлева Л.Л. 

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук
Адрес: 117997 Москва, ул. Профсоюзная, д. 65
Тел.: +7 495 334-89-10. Факс: +7 495 334-93-40, +7 499 234-64-26. E-mail: dan@ipu.ru
Страница в интернете: <https://www.ipu.ru>

ОТЗЫВ

Ефимушкина Владимира Александровича
на автореферат диссертации Платоновой Анны Алексеевны
на тему «Построение и анализ модели для расчета вероятностно-временных
характеристик сети интегрированного доступа
и транзита с разделением ресурсов»,
представленной к защите в ПДС 0200.006 на базе
Российского университета дружбы народов имени Патриса Лумумбы
на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук
по специальности 1.2.3 – Теоретическая информатика, кибернетика

Диссертационное исследование Платоновой А.А. направлено на решение важной научно-практической задачи, связанной с управлением ресурсами в сетях интегрированного доступа и транзита с учетом полудуплексных ограничений и многошаговой передачи данных. Тема работы актуальна, так как методы создания выделенных логических сетей в рамках концепции разделения ресурсов Network Slicing для их реализации с помощью виртуализации сетевых функций Network Functions Virtualization в сетях 5G/6G остаются востребованными, а существующие подходы часто не учитывают специфику полудуплексных систем в миллиметровом и суб-терагерцевом диапазонах.

Судя по автореферату, содержание диссертации отличается структурной целостностью и логической завершенностью. Прослеживается переход от разработки методов разделения ресурса между несколькими слайсами в главе 1 к анализу показателей качества обслуживания в одном из таких слайсов с эластичным трафиком в главе 2 и последующее применение разработанной методики для сети интегрированного доступа и транзита в главе 3. Особого внимания заслуживает разработка стратегий динамического выделения ресурсов с учетом приоритизации слайсов, введение понятия деградации обслуживания абонента и систематизация методов вызова процедуры нарезки.

Представленные модели обладают несомненной научной новизной, поскольку комплексно учитывают такие важные аспекты реальных систем, как динамика абонентской нагрузки, возможность избыточного резервирования (овербукинг) полудуплексные ограничения и многошаговый характер передачи трафика. В автореферате указано, что автор применяет методы стохастического моделирования и имитационного моделирования в среде OMNeT++ для верификации аналитических результатов. Достоверность результатов

подкрепляется корректным использованием фундаментального математического аппарата и строгим обоснованием применяемых допущений.

Предложенные алгоритмы расчета – численные методы решения задач максиминной справедливости, алгоритмы расчета оптимальных долей времени активности каналов и вычисления правостороннего квантиля пикового возраста информации – адекватны и эффективны для решения поставленных задач. Они работают на получение конкретных показателей эффективности, таких как вероятность деградации обслуживания, коэффициент использования ресурса, средняя сквозная задержка и средний пиковый возраст информации. Получение функции распределения сквозной задержки в явном виде с помощью распределения фазового типа является существенным теоретическим результатом.

С научной точки зрения, работа вносит вклад в математическую теорию телетрафика и теорию массового обслуживания. С практической стороны, разработанные модели и алгоритмы позволяют проводить целенаправленный выбор стратегий нарезки ресурсов в таких технологически сложных сценариях, как развертывание сетей 5G/6G и проектирование инфраструктуры с многошаговой передачей данных.

Публикации автора, включая статьи в журналах, индексируемых в Scopus, и изданиях из перечня ВАК, в полной мере освещают полученные результаты и подтверждают высокий уровень проведенного исследования.

По автореферату можно сделать следующие замечания.

1. На стр. 9 автореферата при записи Алгоритма 1 для некоторых векторов утерян знак транспонирования, например, для X_{stat} в строке 3.
2. На стр. 10 в формуле (4) теоремы 1 величина N_{min} зависит от N , что следовало бы отразить так: $N_{min}(N)$.
3. На стр. 11 в Утверждении 1 не определена величина M .
4. Не приведены исходные данные для численного эксперимента главы 3, а именно нагрузочные параметры сети, изображенной на рис. 2 (стр. 16).
5. Численный анализ в главе 2 выполнен для сети с 4 слайсами, что соответствует типичному числу слайсов в современных сетях. Однако неясно, масштабируется ли разработанный метод на сети большей размерности.

Указанные замечания не влияют на достоверность выводов и высокую значимость диссертационного исследования.

Исходя из автореферата, можно сделать вывод о том, что диссертационное исследование Платоновой Анны Алексеевны является законченной научно-квалификационной работой. Оно соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук согласно пункту 2.2 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, протокол УС-1, 22.01.2024, а его автор, Платонова Анна Алексеевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.3 Теоретическая информатика, кибернетика.

Ефимушкин Владимир Александрович, кандидат физико-математических наук (05.13.17 – Теоретические основы информатики), доцент, директор по работе с государственными программами, Общество с ограниченной ответственностью «Фирма «СВЕТЕЦ», e-mail: v.efimushkin@svetets.ru.

15 июня 2026 г.

Ефимушкин В.А.

Подпись Ефимушкина Владимира Александровича удостоверяю.

Генеральный директор
ООО «Фирма «СВЕТЕЦ»



Н.В. Журба

«15» ИЮНЯ 2026 г.

Общество с ограниченной ответственностью «Фирма «СВЕТЕЦ»
Адрес: 111024, г. Москва, шоссе Энтузиастов, дом 21, строение 1
Тел.: +7 (495) 956-22-56. Факс: +7 (495) 956-22-56. E-mail: mail@svetets.ru
Страница в интернете: <https://www.svetets.ru>

ОТЗЫВ

Кучерявого Андрея Евгеньевича
на автореферат диссертации Платоновой Анны Алексеевны
на тему «Построение и анализ модели для расчета вероятностно-временных
характеристик сети интегрированного доступа и транзита
с разделением ресурсов»,
представленной к защите в ПДС 0200.006 на базе
Российского университета дружбы народов имени Патриса Лумумбы
на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук
по специальности 1.2.3 – Теоретическая информатика, кибернетика

Представленное исследование Платоновой Анны Алексеевны «Построение и анализ модели для расчета вероятностно-временных характеристик сети интегрированного доступа и транзита с разделением ресурсов» посвящено решению актуальных задач, связанных с управлением ресурсами в современных беспроводных сетях 5G и перспективных сетях 6G. Технология интегрированного доступа и транзита (IAB) стала эффективным способом расширения зона покрытия, при котором вместо дорогостоящих базовых станций используются релейные узлы, для снижения интерференции работающие в полудуплексном режиме. Востребованность разработки методов эффективной нарезки сети (Network Slicing) и оптимизации многошаговой передачи данных в таких сетях не вызывает сомнений. Диссертационная работа предлагает подход к анализу критически важных для приложений с жесткими требованиями к задержке показателей качества предоставляемых услуг, а именно, сквозной задержки и возраста информации (Age of Information, AoI), с использованием аппарата теории массового обслуживания и теории оптимизации.

Научная значимость работы заключается в развитии математического аппарата теории массового обслуживания применительно к задачам управления ресурсами в сетях с нарезкой радиоресурса. Автором предложен оригинальный метод динамического разделения ресурсов на основе максиминной справедливости с учетом «овербукинга», а также введено понятие деградации обслуживания, позволившее получить аналитические выражения для оценки эффективности. Для сквозной задержки и возраста информации доказаны теорема и следствие из нее, содержащие аппроксимацию указанных величин с помощью распределения фазового типа.

Практическая значимость работы состоит в том, что разработанные модели и алгоритмы численного расчета оптимальных долей времени активности каналов могут быть непосредственно интегрированы в планировщик, отвечающий за распределение ресурсов в реальной сети 5G/6G. Предложенные стратегии позволяют оператору связи гарантировать требуемое качество обслуживания и минимизировать задержки для критически важных услуг, что отражено в публикациях в рамках грантов Российского научного фонда.

Основные результаты диссертации опубликованы в 11 научных работах, включая 5 статей в изданиях, входящих в базу данных Scopus, и 3 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ. Материалы исследования прошли апробацию на

авторитетных международных конференциях (таких как «International Conference on Next Generation Wired/Wireless Advanced Networks and Systems», «Distributed computer and communication networks») и всероссийских конференциях с международным участием. Публикационная активность соискателя полностью соответствует установленным требованиям.

Оставляя высокую общую оценку работы, в качестве рекомендаций по её дальнейшей доработке и развитию темы можно отметить следующее.

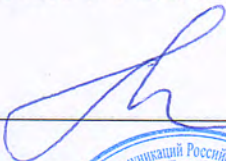
Положения, выносимые на защиту, оценивают показатели качества представления услуг для статической и динамической нарезки ресурса, однако, из автореферата неясно, как получить распределение ресурса по слайсам при для случая статической нарезки ресурса. Также в автореферате не указана вычислительная сложность алгоритма 1.

Высказанные замечания не снижают качества проведенного исследования и не влияют на соответствие работы предъявляемым требованиям.

Судя по автореферату, диссертационное исследование Платоновой Анны Алексеевны является законченной научно-квалификационной работой, соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук согласно пункта 2.2 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, протокол УС-1, 22.01.2024, а его автор, Платонова Анна Алексеевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.3. Теоретическая информатика, кибернетика.

15 июня 2026 г.

Кучерявый Андрей Евгеньевич, доктор технических наук (2.2.15), профессор, заведующий кафедрой сетей связи и передачи данных СПбГУТ им. М.А. Бонч-Бруевича

 /Кучерявый А.Е.

Подпись Кучерявого А.Е. удостоверяю.

**Начальник
ОТДЕЛА КАДРОВОГО
АДМИНИСТРИРОВАНИЯ**

О. В. ЖЕЛЕЗНИКОВА



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича»

Тел: +7 (812) 326-31-63

Адрес электронной почты: akouch@mail.ru

Почтовый адрес: 193232, Санкт-Петербург, пр. Большевиков, д. 22к1

ОТЗЫВ

Пауль Светланы Владимировны

на автореферат диссертации Платоновой Анны Алексеевны

«Построение и анализ модели для расчета вероятностно-временных характеристик сети интегрированного доступа и транзита с разделением ресурсов», представленной на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.3. Теоретическая информатика, кибернетика

Современные сети 5G/6G сталкиваются с ростом числа устройств, разнообразием сервисов и жёсткими требованиями к задержке, надёжности и актуальности данных, особенно для критических приложений. Технология нарезки сети с одной стороны позволяет эффективно использовать единую физическую инфраструктуру организации логических сетей, а с другой стороны требует новых методов динамического распределения ресурсов. Одновременно в миллиметровом и суб-терагерцевом диапазонах активно внедряются многошаговые сети интегрированного доступа и транзита с полудуплексным режимом, что увеличивает сквозную задержку и влияет на возраст информации. Поэтому разработка моделей оптимизации ресурсов для минимизации этих показателей является крайне актуальной задачей.

В ходе исследования автором получены следующие значимые результаты. Предложен метод распределения пропускной способности между сетевыми слайсами в условиях динамического выделения ресурса, базирующийся на принципе максиминной справедливости с учётом приоритизации слайсов. Определено понятие деградации качества обслуживания абонента, наступающей при снижении скорости передачи данных ниже установленного порогового значения. Решена задача минимизации средней сквозной задержки и среднего пикового возраста информации в сети интегрированного доступа и транзита. Показано, что распределение вероятностей значений задержки на маршруте относится к фазовому типу.

Представленный автореферат отражает содержание диссертационной работы, включая обоснование темы, постановку цели и задач, а также корректно передаёт научную новизну и прикладную значимость полученных результатов.

К недостаткам автореферата можно отнести следующие замечания:

1. Недостаточно подробно описан способ учёта конфликтов при использовании матрицы конфликтов F . В автореферате не поясняется, как именно формируется эта матрица для произвольной древовидной топологии.
2. В автореферате не указаны диапазоны параметров системы (например, уровень загрузки каналов или количество узлов сети), при которых погрешность вычислений предлагаемыми формулами не превышает заданного уровня, особенно для длинных маршрутов с большим числом шагов.

Сделанные замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы. На основании автореферата можно заключить, что представленное исследование представляет собой завершённую научно-квалификационную работу и отвечает установленным требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук в федеральном государственном автономном образовательном учреждении

высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы», а её автор, Платонова Анна Алексеевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.3. Теоретическая информатика, кибернетика.

Пауль Светлана Владимировна, доктор физико-математических наук (1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ), доцент, профессор кафедры теории вероятностей и математической статистики федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет».

«11» июня 2026 г.

Пауль Светлана Владимировна

тел. +79138281214; email: paulsv82@mail.ru

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет».

Адрес: 634050, г. Томск, пр. Ленина, д. 36.

Тел.: +7(3822) 529-585

E-mail: rector@tsu.ru

Страница в интернете: <http://www.tsu.ru>



Подпись удостоверяю
Ведущий документовед
Андрienko И.В.