

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Платоновой Анны Алексеевны «Построение и анализ модели для расчета вероятностно-временных характеристик сети интегрированного доступа и транзита с разделением ресурсов», представленную 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»

Актуальность темы диссертационной работы

Современные и перспективные сети связи 5G и 6G предполагают дальнейший рост таких ключевых показателей как емкость сети, скорость передачи данных и снижение задержек доставки. Достижение поставленных целей возможно только при рациональном использовании сетевых ресурсов. С этой целью в сетях связи появляется возможность гибкого управления распределением ресурсов – нарезка ресурсов (Network Slicing).

Данная возможность позволяет, потенциально, добиться высоких показателей эффективности использования ресурсов, а следовательно, и обеспечения необходимого качества. Однако, в полной мере управление ресурсами дает ожидаемый результат только при наличии эффективных методов, учитывающих в достаточной степени факторы, определяющие качество предоставления услуг и требуемые сетевые ресурсы.

Разнообразие современных услуг связи приводит и к разнообразию требований к качеству и ресурсам, а также соответствующего гибкого механизма управления ими, обеспечивающего реализацию всех технологических возможностей, заложенных при построении сети.

Для реализации этих возможностей требуется модельно-методический аппарат, учитывающий требования и технологические возможности перспективных сетей связи. В основе такого аппарата лежат модели и методы расчета вероятностно-временных характеристик сети.

На основе сказанного можно утверждать, что тема диссертационной работы Платоновой Анны Алексеевны «Построение и анализ модели для

расчета вероятностно-временных характеристик сети интегрированного доступа и транзита с разделением ресурсов», а также ее цель, которая заключается в анализе и расчете показателей качества предоставления услуг в сети интегрированного доступа и транзита с разделением ресурсов крайне актуальны и полностью соответствуют специальности 1.2.3 «Теоретическая информатика, кибернетика».

Характеристика содержания диссертационной работы

Диссертационная работа Платоновой А.А. состоит из трех глав, каждая из которых посвящена определенным аспектам построения моделей для расчета вероятностно-вероятностных характеристик сети интегрированного доступа и транзита. **Введение** диссертационной работы содержит обоснование актуальности темы исследования, формулировку цели и задач, а также краткий обзор методов и подходов, используемых в работе. **Первая глава** включает в себя обзор литературы, в которой рассматриваются основные вопросы расчета вероятностно-вероятностных характеристик сети связи. Приведены результаты анализа технологии нарезки ресурса в сетях радиодоступа 5G, для которой разработана методика разделения ресурса между слайсами для систем с нарезкой ресурсов без приоритизации слайсов и с приоритизацией слайсов, а также сформулированы задачи исследования. Результатами Главы 1 являются численного решения задачи разделения ресурса между S слайсами, учитывающей динамическое выделение ресурсов и максимную справедливость, а также две теоремы с методикой разделения ресурса между несколькими слайсами для системы без приоритизации и с приоритизацией.

Вторая глава посвящена анализу показателей качества предоставления услуги категории «Best Effort» с помощью разработанной математической модели слайса услуги такой категории в виде системы массового обслуживания. Исследован новый показатель качества обслуживания – деградация обслуживания абонента, которая наступает при пересечении доступной абоненту скоростью обслуживания некоторого порога. Приведены численные результаты моделирования и их анализ, демонстрирующий

влияние различных методов вызова процедуры нарезки на вероятность снижения качества обслуживания, коэффициент использования ресурса и частоту вызова процедуры нарезки ресурса. Основным результатом является математическая модель для расчета вероятности деградации обслуживания абонента с эластичным трафиком и ограничением на максимальную скорость передачи.

В третьей главе разработана модель передачи трафика в многошаговых беспроводных сетях интегрированного доступа и транзита с учетом особенностей организации многошаговой беспроводной сети, включая полудуплексный и полнодуплексный режимы передачи данных в радиоканале на основе технологии нарезки ресурса по времени. Решена комплексная задача оптимизации, в которую включен новый показатель качества обслуживания – возраст информации, который отражает актуальность информации. Решена задача разделения ресурсов, которая сформулирована в виде проблемы минимизации средней сквозной задержки или среднего пикового возраста информации. Разработана модель, описывающая энергоэффективность пользовательских устройств в сетях 5G «Промышленный интернет вещей», разработана системная модель подключения пользовательского устройства с урезанной функциональностью, модель состояний пользовательского устройства для анализа механизмов энергосбережения, приведен численный анализ характеристик механизмов энергосбережения.

Достоверность и новизна результатов диссертации

Для обеспечения достоверности результатов диссертации автором был проведен анализ литературных источников, в том числе спецификаций, связанных с технологией нарезки ресурсов в беспроводных сетях 5G и 6G. Достоверность полученных результатов подтверждается использованными в работе методами математической теории телетрафика и имитационного моделирования, а также их апробацией на всероссийских и международных конференциях.

Научная новизна исследования состоит в следующем:

-разработан метод разделения ресурсов между слайсами сети при динамическом выделении ресурса на основе максиминной справедливости с учетом приоритизации слайсов, который в отличие от известных предусматривает избыточное резервирование ресурсов;

-введено понятие деградации обслуживания абонента в случае падения скорости передачи данных при предоставлении услуги абоненту ниже заданного порога, которое позволило получить аналитическое выражение для вероятности деградации обслуживания и сравнить показатели эффективности обслуживания абонентов для нескольких методов вызова процедуры нарезки ресурса;

-формализована и решена проблема минимизации средней по сети интегрированного доступа и транзита сквозной задержки и среднего пикового возраста информации, при этом в отличие от известных результатов показан, что случайная величина задержки на маршруте сети имеет функцию распределения фазового типа.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Научные положения, содержащиеся в диссертации, достоверны и логично аргументированы. Проведенные численные эксперименты были подтверждены анализом данных. Выводы, полученные в диссертации, являются обоснованными и могут быть использованы для оптимизации распределения ресурсов сетей подвижной связи NR.

Ценность для науки и практики результатов работы

Полученные в диссертации результаты имеют высокую научную и практическую значимость при проектировании сетей связи в условиях ограниченности ресурсов и высоких показателях качества обслуживания. Практические результаты диссертации могут быть применены в области сетевых технологий, в частности, при проектировании и оптимизации сетей связи, в телекоммуникационных компаниях, провайдерах интернет-услуг. Теоретические результаты диссертации могут быть использованы для

разработки новых алгоритмов распределения ресурсов сетей 5G/6G NR и их анализа.

Подтверждение опубликования основных результатов диссертации в научной печати

Математические модели, основные положения и результаты диссертационной работы опубликованы и апробированы на международном и всероссийском уровне – опубликовано 11 научных работ, в том числе 5 в изданиях Scopus, 1 - в издании из списка журналов, рекомендованного Высшей аттестационной комиссией при Минобрнауки России, автором получены 3 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Соответствие содержания автореферата основным положениям диссертации

Автореферат диссертации содержит обоснованные выводы, полученные в результате проведения исследований, численных экспериментов и анализа данных, касающихся построения моделей для расчета вероятностно-временных характеристик сети интегрированного доступа и транзита. Оформление автореферата соответствует требованиям.

Замечания по диссертационной работе

В процессе изучения диссертационной работы возникли определенные вопросы, требующие уточнения.

1. В главе 1 автор упоминает избыточное резервирование (овербукинг), но: не приводит количественного сравнения с классическими схемами; не показано, при каких условиях овербукинг приводит к деградации QoS для низкоприоритетных слайсов. Не прописаны долгосрочные последствия для стабильности сети, вероятность того, что все слайсы одновременно выйдут на контрактные лимиты в условиях дефицита ресурсов. Это снижает убедительность практической ценности этого механизма.

2. В главе 2 автор приводит результаты численного моделирования, полученные с помощью системы OMNeT++, которые подтверждают адекватность разработанных моделей, однако автор не приводит данных о

точности полученных при имитационном моделировании результатов, что не позволяет оценить достоверность полученных выводов.

3. В главе 3 автор принимает в качестве модели пропускной способности каналов доступа и каналов транзита классическую модель К. Шеннона, не учитывающую применение системы ММО, что может занижать реальные показатели пропускной способности.

4. При построении модели IAB системы в виде СеМО, в главе 3 автор делает допущение о том, что каждый узел можно рассмотреть, как систему массового обслуживания типа $M/M/1/\infty$. Такое предположение упрощает задачу, но не всегда может быть оправдано. Автору следовало бы определить границы адекватности данной модели.

5. В работе имеют место отдельные опечатки, например: на странице 15, утверждение 2.6, индексом является заглавная буква N , однако иногда в выражении встречается строчная буква n , подобная опечатка и в формуле на странице 45; на странице 32, Алгоритм 1.1, строка 21 употребляется переменная i_{bound} , которая не была объявлена ранее, в том же алгоритме строка 27 буква M не выделена жирным шрифтом; ошибка указания ссылки на литературу на странице 86.

Тем не менее, указанные замечания не снижают научно-практическую ценность диссертации и не влияют на основные положения.

Заключение

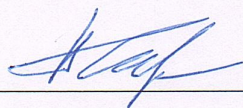
Диссертационное исследование Платоновой Анны Алексеевны на тему «Построение и анализ модели для расчета вероятностно-временных характеристик сети интегрированного доступа и транзита с разделением ресурсов» является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится новое решение научной задачи создания модельно-методического аппарата, обеспечивающего расчет вероятностно-временных характеристик сети интегрированного доступа и транзита с разделением ресурсов.

Работа соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, согласно п.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 № 12 от 23.09.2019г., а её автор, Платонова Анна Алексеевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.3 «Теоретическая информатика, кибернетика».

Официальный оппонент

20 мая 2026 г.

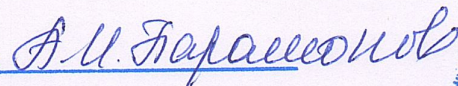
Парамонов Александр Иванович
доктор технических наук (05.12.13 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций), профессор, профессор кафедры сетей связи и передачи данных



/ А.И. Парамонов

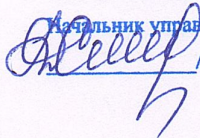
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича» (СПбГУТ)
193232, г. Санкт-Петербург, просп. Большевиков, д. 22, корп. 1
тел.: +7 (812) 305-12-65, доб. 12-65
paramonov@sut.ru

Подпись (-и) руки



заверяю

Начальник управления персоналом



/А.Д. Смородинцева

25.05.2026 г.

