

## **ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА**

Степанова Михаила Сергеевича на диссертационную работу

Климова Владимира Владимировича

«Обоснование метода прогнозирования оценок качества работы  
транспортной сети оператора мобильной связи»,

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по  
специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка  
информации, статистика (технические науки)

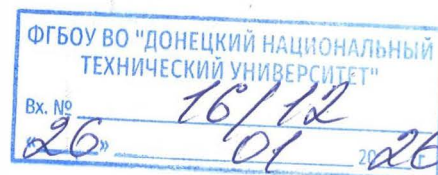
### **Актуальность темы диссертации**

Гетерогенность передаваемого трафика является одной из главных особенностей современных сетей связи. Для обеспечения высокого качества предоставляемых услуг требуется эффективно распределять между пользователями имеющийся ресурс. Особенно остро эта проблема стоит перед операторами мобильной связи (в диссертации обозначаемыми под аббревиатурой МОС), которым необходимо совместно передавать трафик абонентов и данные от тысяч устройств Интернета Вещей. Также, при планировании сетевого ресурса или повышении эффективности его использования важно рассматривать не только «последнюю милю» между абонентом и базовой станцией, но и транспортную сеть, пропускная способность которой напрямую влияет на качество предоставляемых услуг. Этому уровню сетевой архитектуры присущи свои особенности и ограничения, требующие применения отдельных методов для численной оценки различных характеристик системы связи.

Таким образом, тема диссертационной работы Климова Владимира Владимировича «Обоснование метода прогнозирования оценок качества работы транспортной сети оператора мобильной связи» является востребованной и актуальной.

### **Характеристика содержания диссертационной работы**

Диссертационная работа представлена в виде рукописи и содержит перечень сокращений и условных обозначений, введение, четыре раздела, заключение, список литературы и три приложения. Полный объем диссертации составляет 165 страниц. Работа содержит 41 рисунок, 1 таблицу, список источников из 103 наименований. Все основные результаты получены автором самостоятельно.



## **Научная новизна результатов диссертационной работы**

Научной новизной обладают следующие результаты:

1. Впервые обоснованы требования к формированию комплексного показателя качества работы сети, который учитывает различные оценки на основе функций «полезности». Это, в свою очередь, позволяет брать в расчет различные показатели в рамках единого критерия с обеспечением требуемого качества обслуживания.
2. Получил дальнейшее развитие метод прогнозирования оценки величины выделяемой пропускной способности транспортной сети, что позволяет повысить эффективность использования канальных ресурсов.
3. Впервые дано обоснование применению метода оценки размера буфера очередей контроллера базовой станции, основанного на использовании базиса дискретно-событийных систем. Это, в свою очередь, позволяет повысить точность моделирования процесса обслуживания трафика транспортной сети мобильного оператора связи.

## **Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и результатов, сформулированных в диссертационной работе**

Достоверность и степень обоснованности научных положений, выводов и результатов данной исследовательской работы подкрепляется грамотным использованием математического аппарата, результатами натурального эксперимента, а также вынесением на общее рассмотрение результатов диссертационной работы на конференциях и семинарах, и публикацией основных результатов в рецензируемых научных изданиях.

Основные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на международных и всероссийских научно-технических конференциях: V Республиканской с международным участием научно-практической конференции «Информационное пространство Донбасса: проблемы и перспективы» (Донецк, 2022); XXII Международной научно-технической конференции «Автоматизация технологических объектов и процессов. Поиск молодых» (Донецк, 2022); 17-й Международной молодежной научно-технической конференции «Современные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций, РТ-2021» (Севастополь, 2021); XVIII Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Информационные технологии, системный анализ и управление, ИТСАУ-2020» (Таганрог, 2020); III Республиканской с международным участием научно-практической конференции «Информационное пространство Донбасса: проблемы и перспективы» (Донецк, 2020).

Всего по теме диссертации опубликовано 13 научных работ, в том числе: 2 работы в изданиях, входящих в перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук; 6 работ в рецензируемых научных изданиях, учредителями которых являются образовательные организации высшего образования и научные организации, расположенные на территории Донецкой Народной Республики; 5 – по материалам конференций.

### **Значимость для науки и практики результатов, полученных автором в диссертации**

Теоретическая значимость работы состоит в обобщении и дальнейшем развитии теории и методов прогнозирования оценок качества работы транспортной сети мобильного оператора связи за счет разработки и усовершенствования прогностических моделей последних. Использование предложенных в диссертации моделей позволило повысить точность прогнозирования оценок качества, за счет использования различных методов на различных участках транспортной сети, поскольку использование существующих моделей и методов не обеспечивало учет особенностей данного уровня сетевой архитектуры и оценку пропускной способности при обслуживании трафика с заданными параметрами качества обслуживания.

Практическая значимость работы заключается в:

- обосновании, применяемых на практике, оценок критериев качества работы транспортной сети мобильного оператора связи;
- разработке рекомендаций по практическому применению результатов;
- решении задачи повышения эффективности работы транспортной сети мобильного оператора связи за счет перераспределения имеющихся сетевых ресурсов, что позволяет уменьшить капитальные затраты на оптимизацию сети;
- разработке программного комплекса, реализующего предложенный в диссертации метод прогнозирования оценок качества работы транспортной сети мобильного оператора связи.

Полученные результаты могут быть использованы научно-исследовательскими, проектными организациями, телекоммуникационными компаниями при оптимизации и проектировании сетей мобильной связи современных и перспективных стандартов.

Практическая реализация результатов работы подтверждается справкой о внедрении в учебный процесс ФГБОУ ВО «Донецкий национальный

технический университет», а также справкой о внедрении в Государственное унитарное предприятие Донецкой Народной Республики «Углетелеком»

### **Краткая характеристика основного содержания диссертации**

Во введении приводится обоснование актуальности проведенных исследований, сформулированы цель и задачи, а также решаемая научная задача и подходы, применяемые для ее решения. Описаны положения, выносимые на защиту, приводится апробация результатов, теоретическая и практическая значимость работы.

**В первом разделе** представлен анализ существующих методов и алгоритмов прогнозирования оценок качества работы транспортной сети мобильного оператора связи. С его помощью обосновывается актуальность проведения научных изысканий в области повышения эффективности прогнозирования оценки качества работы транспортной сети мобильного оператора связи.

**Во втором разделе** приводится анализ трафика транспортной сети мобильного оператора связи, который описывается нестационарным процессом с выраженной цикличностью, долгосрочными зависимостями и высокой самоподобностью. Для прогнозирования пропускной способности применяется модель экспоненциального сглаживания, которая, однако, показывает низкую точность и медленную реакцию на колебания трафика, внося погрешность в оценки. В целях компенсации этих недостатков разработаны модифицированные прогностические модели, учитывающие характер трафика в сетях мобильных операторов.

**В третьем разделе** обосновывается гибридный метод прогнозирования оценок качества работы транспортной сети мобильного оператора связи. В нём представлена дискретно-событийная модель планировщика пакетов с гибридной дисциплиной обслуживания очередей, учитывающая задержки обработки запросов. Для комплексной оценки разнородных параметров сети предложен многокритериальный показатель, объединяющий функции полезности и производительности. Разработанный метод позволяет на основе прогноза ключевых характеристик принимать решение о подключении пользователя к оптимальной базовой станции.

**В четвёртом разделе** проводится имитационное моделирование и экспериментальная оценка эффективности предложенного гибридного метода прогнозирования. Описывается программная реализация метода и интерфейс разработанного программного обеспечения. С помощью компьютерных экспериментов исследуется влияние количества подключаемых пользователей на комплексный критерий качества работы транспортной сети. Результаты показывают, что разработанный метод повышает точность

прогнозирования оценок качества на 15% по сравнению с существующими подходами

В заключении изложены ключевые результаты исследовательской работы.

В целом, диссертация Климова В.В. является законченным научным исследованием, в ходе которого решены актуальные научные задачи. Диссертация и автореферат оформлены в соответствии с принятыми для научных квалификационных работ нормами и требованиями. Материал изложен логично и последовательно, целостен. Выводы обоснованы, четко описывают полученные результаты исследований. Автореферат отражает основные научные результаты и положения, сформулированные в тексте диссертации, содержит краткое изложение материала диссертационной работы по главам и полностью соответствует содержанию самой диссертационной работы.

### **Замечания по диссертационной работе**

По диссертации имеются следующие замечания:

1. Степень разработанности темы исследования явно раскрыта недостаточно. Автор не ссылается на результаты, полученные учеными, изучающими различные аспекты передачи трафика и распределения ресурса. Речь идёт, в частности, о представителях научных школ Башарина Г.П. (РУДН), Степанова С.Н. (МТУСИ) и т.д. Более глубокий анализ работ предшественников позволил бы дать более полную картину текущего состояния дел в исследуемой области и уточнить цель и задачи исследования.
2. Пользователи мобильных сетей постоянно перемещаются между зонами обслуживания базовых станций. В моделях, представленных в диссертации, хэндовер в явном виде никак не присутствует. Учет данного фактора позволил бы улучшить точность краткосрочного прогноза в моменты пиковой нагрузки, связанной с перемещением пользователей, а также повысил бы адекватность модели для тех случаев, когда мобильность резко меняется (чрезвычайные ситуации, массовые мероприятия и т.д.)
3. Качество работы сети сильно зависит от её устойчивости к перегрузкам сигнальных протоколов, DDoS-атакам и другим киберугрозам. Учёт фактора безопасности и устойчивости мог бы обогатить комплексный показатель качества.
4. Повсеместное внедрение сетей мобильной связи современных (и перспективных) поколений, а также технологий Интернета Вещей обуславливает разнообразие типов трафика (массовый mMTC, ультранадёжный URLLC и т.д.). Их специфические требования к

различным параметрам (например, величине задержки и джиттеру) могут не полностью укладываться в предложенные функции полезности.

5. В ряде разделов работы присутствуют опечатки и стилистические неточности.

### Выводы

Считаю, что отмеченные недостатки не снижают значимости теоретических и практических результатов данного исследования. Диссертация Климова Владимира Владимировича «Обоснование метода прогнозирования оценок качества работы транспортной сети оператора мобильной связи» является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена научная задача по повышению эффективности функционирования транспортной сети мобильного оператора связи. Диссертация соответствует пунктам 1, 3, 11 паспорта специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки), отвечает критериям, изложенным в п. 9, 10, 11, 12.1, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842 в редакции от 16.10.2024, а ее автор – Климов Владимир Владимирович – заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки).

**Официальный оппонент:** кандидат технических наук по специальности 2.2.15 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций, доцент, доцент кафедры «Сети связи и системы коммутации», Ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики».

12 января 2026 года

М.С. Степанов

Подпись руки Степанова М.С. заверяю  
Ученый секретарь Ученого совета МТУСИ  
кандидат биологических наук, доцент

В.В. Ерофеева

Адрес: 111024, г. Москва, Авиамоторная ул., 8а

Тел.: (495)957-77-31

E-mail: mtuci@mtuci.ru