

**МИНИСТЕРСТВО
ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ, СВЯЗИ
И МАССОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Поволжский государственный
университет телекоммуникаций
и информатики»
(ПГУТИ)

Юридический адрес:
Льва Толстого ул., д.23, г. Самара, 443010
Почтовый адрес:
Московское шоссе, д. 77, г. Самара, 443090
тел. (846) 333 58 56
E-mail: info@psuti.ru, www.psuti.ru
ОКПО 01179900; ОГРН 1026301421992
ИНН/КПП 6317017702/631701001

06.08.2026 № 3094/03-04
на 108-3/54-99 от 23.06.2026

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе
доктор технических наук
профессор

О.В. Горячкин

«06» августа 2026г.



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Дмитриевой Юлии Сергеевны на тему «Разработка модели и методики распределения трафика в мультиконтроллерных сетях SDN с учётом мультипараметрических требований качества обслуживания»
на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.2.15 Системы, сети и устройства телекоммуникаций

Актуальность темы исследования

Существующие методы и алгоритмы балансировки нагрузки в сети SDN фокусируются на улучшении лишь одного или нескольких параметров, таких как загрузка каналов или время отклика, не обеспечивая комплексного учёта всего спектра параметров качества обслуживания (QoS). Это приводит к ситуациям, когда формально нагрузка распределена равномерно, но ключевые для пользователей показатели — сетевая задержка, вариация сетевой задержки и процент потерь — остаются неудовлетворительными. Более того, разнородность этих параметров, измеряемых в разных единицах и имеющих различную природу, создаёт методологическую проблему их совместного использования в рамках единого алгоритма принятия решений. Отсутствие эффективных механизмов нормализации и взвешивания разнородных метрик QoS является существенным научно-техническим пробелом.

Таким образом, возникает необходимость в разработке новой модели и методики распределения трафика в мультиконтроллерных сетях SDN, ориентированной на выполнение требований QoS, которая интегрирует многопараметрический подход к оценке QoS и механизмы приведения разнородных

параметров к единому виду. Решение этой задачи позволит существенно повысить эффективность использования современной и перспективной сетевой инфраструктуры, обеспечить требуемое качество обслуживания для современных приложений и создать технологический задел для сетей следующего поколения (5G/6G) и гетерогенных сетей на базе SDN. Всё это подтверждает высокую научную и практическую актуальность темы диссертационного исследования, направленного на создание комплексной методики балансировки трафика с учётом мультипараметрических требований качества обслуживания.

В диссертационной работе Дмитриевой Юлии Сергеевны разрабатывается модель и методика балансировки трафика в мультиконтроллерных сетях SDN, позволяющая за счёт нормализации разнородных параметров QoS и их комбинированной оценки обеспечить улучшение показателей качества по сравнению с традиционной нагрузочной балансировкой.

Новизна исследования и полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Диссертационная работа включает введение, 4 главы, заключение, список сокращений и условных обозначений, список из 89 литературных источников и одно приложение. Общий объем работы — 125 страниц. Работа содержит 27 рисунков и 17 таблиц.

Научная новизна диссертации заключается в разработке метода комплексной оценки разнородных параметров QoS путём их нормализации и сведения к единому комбинированному показателю, а также модели и методики балансировки трафика в мультиконтроллерных сетях SDN.

В первой главе автор систематизировал и проанализировал существующие подходы к балансировке нагрузки в SDN. Выявлен и обоснован комплекс ключевых недостатков современных методов: отсутствие многопараметрического подхода к учёту QoS, игнорирование проблемы нормализации разнородных метрик (круговая сетевая задержка, потери пакетов, вариация сетевой задержки). На основе сравнительного анализа алгоритмов (Round Robin, Weighted Round Robin, Deep QN и др.) обоснован выбор модифицированного алгоритма Enhanced Weighted Round Robin (EWRR) как наиболее подходящего для реализации многокритериальной балансировки с учетом весовых коэффициентов качества обслуживания.

Во второй главе разработана модель балансировки нагрузки, которая в отличие от существующих, учитывает параметры QoS на уровне контроллеров (задержка обработки запроса, потерянные пакеты) и уровне коммутаторов (круговая сетевая задержка, вариация сетевой задержки, потери пакетов). Предложен метод формализации задачи балансировки с использованием матричного представления параметров и введен метод нормализации разнородных параметров QoS с помощью весовых коэффициентов, что позволяет корректно сравнивать параметры с разными единицами измерения в рамках единого алгоритма принятия решений.

В третьей главе автор разработал математическую модель многокритериальной балансировки трафика, базирующейся на комбинированном параметре QoS. В отличие от существующих аналогов, модель учитывает дифференцированные требования к качеству обслуживания для разных классов трафика (Real Time, Best Effort), задаваемые через систему нормализующих коэффициентов, адаптированных

на основе анализа реальных SLA российских операторов связи. Впервые получены количественные оценки эффективности модели: доказано, что учет комбинированного параметра QoS позволяет улучшить комбинированный показатель качества на 22,4 % на уровне контроллеров и на 47,9 % на уровне коммутаторов по сравнению с традиционной балансировкой только по параметру «нагрузка».

В четвертой главе автор описывает создание методики динамической балансировки трафика, реализующей принцип «мониторинг — анализ — решение — действие» на основе комбинированного параметра QoS. Предложен и экспериментально апробирован механизм интеграции нормализованных параметров QoS (потери пакетов, круговая сетевая задержка, вариация сетевой задержки) в алгоритм EWRR. Новизна подтверждается созданием программы имитационного моделирования для ЭВМ. Экспериментально установлено, что применение методики обеспечивает улучшение комбинированного показателя QoS на 46,0 % по сравнению с балансировкой по параметру «нагрузка», что подтверждает теоретические выводы и доказывает практическую применимость разработанного подхода.

Обоснованность и достоверность научных положений и выводов

подтверждается оправданным выбором предмета и объекта исследований, исходных данных при постановке исследования, принятых допущений и ограничений.

Достоверность полученных результатов, выводов и рекомендаций диссертационной работы подтверждается корректным применением математического аппарата, результатами имитационного моделирования, обсуждением на российских и международных конференциях, публикациями в ведущих рецензируемых изданиях.

По теме диссертации представлено 15 публикаций, в том числе 8 в журналах из перечня ВАК при Минобрнауки России, 3 результата интеллектуальной деятельности.

Значимость для науки и практики результатов, полученных автором диссертации

Теоретическая значимость диссертации заключается в развитии научного фундамента управления качеством обслуживания в программно-конфигурируемых сетях за счёт разработки модели и методики распределения трафика, основанных на нормализации разнородных параметров QoS и их комбинированной оценке. Предложенные решения устанавливают новые теоретические принципы оптимизации балансировки трафика в мультиконтроллерных SDN, преодолевая фрагментарность традиционных подходов, и закладывают базис для проектирования адаптивных сетевых архитектур, способных учитывать комплексные требования современных приложений. Разработанный методический аппарат формирует теоретико-экспериментальную платформу для верификации гипотез и моделирования сложных сетевых сценариев, способствуя развитию методов имитационного моделирования в телекоммуникационной науке.

Практическая значимость диссертации заключается в создании законченного прикладного инструментария, позволяющего операторам связи и системным интеграторам повысить эффективность использования сетевых ресурсов и обеспечить гарантированное качество обслуживания. Разработанная методика балансировки трафика на базе комбинированного параметра QoS может быть

интегрирована в существующие контроллеры SDN, а предложенный механизм нормализации параметров качества и весовых коэффициентов предоставляет инженерам гибкий инструмент для настройки приоритетов балансировки под требования SLA. Созданная и зарегистрированная программа для ЭВМ является готовым решением для планирования сетевой инфраструктуры, аудита и оптимизации существующих сетей, а также обучения персонала, что подтверждает возможность непосредственного внедрения результатов в современную сетевую инфраструктуру.

Полученные в диссертационной работе результаты внедрены в ООО «НТЦ Аргус» и позволили повысить эффективность систем эксплуатационного управления, внедрены в ООО «Протей ТЛ» при разработке методики планирования корпоративных сетей передачи данных, а также в СПбГУТ при проведении практических занятий и лабораторных работ по курсам «Технологические принципы организации инфокоммуникационных услуг», «Исследовательские аспекты в программно-конфигурируемых сетях».

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Полученные в диссертационной работе результаты могут быть использованы в качестве основы для построения интеллектуальных систем управления трафиком в сетях 5G/6G, а также для модернизации существующей инфраструктуры операторов связи с целью гарантированного соблюдения требований SLA.

Основные результаты диссертационной работы рекомендуются к использованию при проведении научно-исследовательских работ в области современных телекоммуникационных сетей и систем связи, при проектировании и планировании современных сетей связи операторскими компаниями ПАО «Ростелеком», ПАО «МТС», ПАО «Мегафон», ПАО «ВымпелКом», а также при подготовке специалистов по современным сетям и системам связи в университетах РФ.

Недостатки диссертационной работы

1. В главе 1 (стр. 27–34) сравнительный анализ алгоритмов балансировки (RR, WRR, EWRR, Least Connections, Deep QN) проведён на основе авторской балльной оценки. Желательно было бы дополнить этот анализ ссылками на количественные результаты из известных работ, чтобы обосновать выставленные баллы более строго.

2. В диссертации не раскрыт механизм адаптации весовых коэффициентов в случае изменения требований к параметрам QoS.

3. Все результаты получены с помощью имитационного моделирования (программа для ЭВМ) и математических расчётов. Отсутствует апробация разработанной методики на реальном сетевом оборудовании (например, реальными контроллерами ONOS или OpenDaylight). Это снижает достоверность утверждений о практической применимости.

4. В работе не исследовано влияние количества контроллеров и коммутаторов на эффективность балансировки.

Заключение

Отмеченные недостатки не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы Дмитриевой Юлии Сергеевны. Диссертация «Разработка модели и методики распределения трафика в мультиконтроллерных сетях SDN с

учётом мультипараметрических требований качества обслуживания» является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена научная задача, заключающаяся в разработке модели и методики распределения трафика в мультиконтроллерных сетях SDN на базе нормализации разнородных параметров QoS и их комбинированной оценки, имеющая значение для отрасли цифрового развития и связи.

Полученные автором результаты отличаются научной новизной и практической значимостью. Результаты апробированы на научных конференциях. Основные научные результаты достаточно полно опубликованы в ведущих российских изданиях. Название диссертации полностью отражает ее содержание, содержание соответствует пунктам 2, 5, 10 паспорта специальности 2.2.15 — Системы, сети и устройства телекоммуникаций. Автореферат адекватно отражает содержание диссертационной работы и ее основные результаты.

На основании изложенного можно считать, что диссертация Дмитриевой Юлии Сергеевны «Разработка модели и методики распределения трафика в мультиконтроллерных сетях SDN с учётом мультипараметрических требований качества обслуживания» соответствует критериям, предъявляемым в отношении кандидатских диссертаций, которые установлены пп. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней (утв. Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842, в редакции от 18.07.2026), а ее автор Дмитриева Юлия Сергеевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.15 — Системы, сети и устройства телекоммуникаций.

Отзыв рассмотрен и одобрен на заседании научно-исследовательской лаборатории «Инновационные проекты» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики» (ПГУТИ) 03 августа 2026 года, протокол № 4.

Отзыв подготовил:

Д-р техн. наук, доцент,
Заведующий научно-исследовательской
лабораторией «Инновационные проекты»



И.В. Карташевский