

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 55.2.004.01,  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ ИМ. ПРОФ. М.А. БОНЧ-БРУЕВИЧА»  
МИНИСТЕРСТВА ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ, СВЯЗИ И МАССОВЫХ  
КОММУНИКАЦИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ  
СТЕПЕНИ КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 22 сентября 2021 г. № 7

О присуждении Фицову Вадиму Владленовичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Модели и методы проектирования сетевой архитектуры глубокой инспекции пакетов» по специальности 05.12.13 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций принята к защите 30 июня 2021 года, протокол № 5 диссертационным советом 55.2.004.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича» Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации, 191186, Санкт-Петербург, наб. реки Мойки, д. 61, приказ № 258/нк от 27 марта 2019 года.

Соискатель Фицов Вадим Владленович, 19 августа 1985 года рождения, работает старшим преподавателем в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича», Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации.

В 2007 году соискатель окончил Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича".

В период с 2007 г. по 2010 г. являлся аспирантом Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича".

Диссертация выполнена на кафедре инфокоммуникационных систем Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича», Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, Гольдштейн Борис Соломонович, основное место работы: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича», кафедра инфокоммуникационных систем, профессор кафедры.

Оппоненты: 1. Колбанёв Михаил Олегович, доктор технических наук, профессор, основное место работы: Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина), кафедра информационных систем и технологий, профессор; 2. Степанов Михаил Сергеевич, кандидат технических наук, основное место работы: Ордена Трудового Красного Знамени федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», кафедра сетей связи и систем коммутации, доцент кафедры, дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов», г. Москва, в своем положительном заключении, подписанном Севастьяновым Л.А., д-ром физ.-мат. наук, проф., профессором кафедры, Кочетковой И.А., канд. физ.-мат. наук, доц., доцентом кафедры прикладной информатики и теории вероятностей, утвержденном Костиным А.А., д-ром мед. наук, проф., первым проректором–проректором по научной работе, указала, что

результаты в достаточной мере апробированы и внедрены, своевременно опубликованы, в том числе в журналах из перечня ВАК, а автореферат полностью отражает содержание диссертационной работы. Результаты диссертационной работы могут быть использованы в проектных организациях, операторами сетей связи и в профильных вузах (МТУСИ, СПбГУТ, ПГУТИ, СибГУТИ). Диссертационная работа Фицова Вадима Владленовича представляет собой законченную научно-квалификационную работу. По объему выполненных исследований, научной и практической новизне, оформлению и практической ценности работа удовлетворяет требованиям ВАК, предъявляемым к диссертационным работам, представленным на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор – Фицов Вадим Владленович достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук, по специальности 05.12.13 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций.

Соискатель имеет 30 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 23, из них в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК, – 4. Диссертация не содержит недостоверных сведений об опубликованных соискателем ученой степени работах. Помимо 4 работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, соискатель имеет: 2 работ в изданиях, индексируемых в международных базах цитирования; 2 результата интеллектуальной деятельности; 15 статей в других научных журналах, сборниках научных статей, трудов и материалах конференций. Из них 14 работ опубликовано соискателем без соавторства. Общий объем авторского вклада в работы (без результатов интеллектуальной собственности) составляет 7,0 печ.л. из общего количества 7,8 печ.л.

Наиболее значительные научные работы по теме диссертации.

Публикации в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК:

1. Фицов В.В., Гольдштейн Б.С. Глубокая инспекция пакетов DPI: проблемы и подходы // Вестник связи. 2018. № 8. С. 5-10.

2. Фицов В.В. Методы построения сетевых архитектур систем DPI // Вестник связи. 2020. № 12.

3. Фицов В.В. Программная методика оценки эффективности аппаратного состава серверов системы глубокой инспекции пакетов с использованием модернизированного метода Хука-Дживса // Труды учебных заведений связи. 2021. Т. 7, № 1. С. 132-140.

Публикации в изданиях, индексируемых в МБЦ, рекомендованных ВАК:

4. Fitsov V.V., Goldstein B.S The mathematical model for calculating physical entity of DPI analyser, Chapter in: Distributed Computer and Communication Networks, Volume 1337 of the series Communications in Computer and Information Science, Springer, Cham, 2020, pp. 382–393.

5. Fitsov V.V., Goldstein B.S Dual Mathematical Model for Calculating of Deep Packet Inspection, Conference of Open Innovation Association, FRUCT 28. 2021. pp. 127–133

Результаты интеллектуальной деятельности:

6. Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ. Программа оценки эффективности вариантов аппаратного состава серверов системы глубокой инспекции пакетов [Текст] / Б.С. Гольдштейн, В.В. Фицов; СПбГУТ. № 2021615619 ; заявл. 30.03.2021 ; опубл. 09.04.2021, 2021614496 (Рос. Федерация).

7. Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ. Программа имитационного моделирования системы глубокой инспекции пакетов на основе среды имитационного моделирования GPSS World [Текст] / Б.С. Гольдштейн, В.В. Фицов; СПбГУТ. № 2021615410 ; заявл. 30.03.2021 ; опубл. 07.04.2021, 2021614497 (Рос. Федерация).

Публикации в других изданиях:

8. Фицов В.В. Глубокий анализ пакетов для обеспечения QoS // Первая миля. 2015. № 8 (53). С. 56-61.

9. Фицов В.В. Имитационная модель системы DPI на основе программного обеспечения GPSS WORLD // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. V Международная НТК. 2016. С. 539-545.

10. Фицов В.В. Применение программного кода для оптимизации числа серверов DPI методом максимального элемента // Актуальные проблемы

инфотелекоммуникаций в науке и образовании. VII Международная НТК. СПбГУТ. – СПб., 2018. С. 650-656.

11. Фицов В.В. Математическая модель DPI на основе классификации Норроса // 72 рНТК "Студенческая весна – 2018". СПбГУТ. – СПб, 2018. С. 194-200.

12. Фицов В.В., Новиков А.И. Применение математической модели Вентцель-Овчарова с равномерной взаимопомощью для современных систем NFV // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании (АПИНО 2019). VIII Международной НТК. СПбГУТ. – СПб., 2019, Т. 1. С. 705-709.

13. Фицов В.В. Исследование эффективности декомпозиции сервера Front-End в системе глубокой инспекции пакетов (DPI) по времени обработки заявок // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании (АПИНО 2019). VIII Международной НТК. СПбГУТ. – СПб., 2019, Т.1. С. 745-751.

14. Fitsov V.V., Goldstein B.S. The mathematical model of Front-End calculating in DPI system. // In proc.: Distributed computer and communication networks: control, computation and communications (DCCN-2020). ISC RAS. – Moscow, 2020. pp. 563-570.

15. Фицов В.В. Математическая модель DPI: исследование вероятностно-временных характеристик // Тезисы докладов XXII Международной научной конференции «Проблемы техники и технологий телекоммуникаций» (ПТиТТ-2020). 2020. С. 126-127.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы: официального оппонента Колбанева М.О.; официального оппонента Степанова М.С.; ведущей организации РУДН; Лебедянцева В.В., д.т.н., проф., профессора кафедры инфокоммуникационных систем и сетей Сибирского государственного университета телекоммуникаций и информатики; Грудинина В.А., к.т.н., доцента факультета инфокоммуникационных технологий Национального исследовательского университета ИТМО; Никитина А.В., к.т.н., директора по опорным сетям ПАО «Ростелеком»; Соколова Н.А., д.т.н., с.н.с., директора по науке ООО «Протей-СТ»; Феноменова М.А., заместителя генерального директора

ООО «НТЦ АРГУС»; Соколова А.Н., к.т.н., старшего научного сотрудника ООО «НТЦ СевенТест».

Все отзывы положительные, но имеются критические замечания. В первой главе не приводится достаточно подробно, когда и какой из методов ограничения и выравнивания трафика, представленных на рис.1.1, используется на практике. В диссертационной работе не рассматривается в должной мере использование систем глубокой инспекции пакетов в программно-конфигурируемых сетях и совместно с технологией виртуализации сетевых функций. Несмотря на периодическое упоминание, например в 1.5, в диссертационной работе не говорится о практической ценности исследования для систем оперативно-розыскных мероприятий, которая могла быть представлена, если бы этому вопросу было уделено чуть больше внимания. В 2.1 не представлен обзор известных аппаратных решений производителей систем глубокой инспекции пакетов, а только на стр.42 дается отсылка к статье автора, в которой был такой обзор сделан. В 2.2. дается описание вероятности повторной передачи запроса, а затем в главе 4 и в публикации автора говорится о том, что параметр был заложен в имитационную модель. Однако параметр не учитывается в математической модели и отсутствует в имитационной модели, представленных в диссертационной работе. Представленная в диссертации в 2.2 формула (2.9) не используется далее, в том числе в 2.3 не приводятся результаты расчетов для нее. На стр.63 в тексте диссертационной работы недостаточно обоснован выбор длительности периода сбора статистики. На стр. 65-66 кратко говорится о необходимости использования параметра Херста и коэффициента вариации трафика для учета колебаний и степени самоподобия пакетного трафика при описании перечня используемых исходных данных. Однако не приводится численное сравнение результатов моделирования с учетом и без учета таких параметров. В автореферате недостаточно уделено внимания доказательству адекватности представляемых математических моделей. На странице 15 автореферата упомянуто название Omnet++ с указанием ссылки на статью автора, однако отсутствует какое-либо объяснение о том, что речь о среде имитационного моделирования. На странице 11,

исходя из предложения, приведенного под формулой 5, в рамках автореферата остается непонятным какие именно были осуществлены подстановки в формулах. Формулировка последнего предложения на стр. 7 автореферата: «Поток ... идентифицируется с помощью адресной информации 2-4 уровней эталонной модели взаимодействия открытых систем» – вводит в замешательство, ведь система глубокой инспекции пакетов применяется для анализа на более высоких уровнях. В автореферате следовало подробнее расписать процедуры выявления потоков и определения связанных с ними приложений. Разработанная во второй главе математическая модель, не учитывает двусторонний обмен пакетами между пользовательскими приложениями. В формулу (1), стр.10 автореферата, входит величина  $S$ , способ оценки которой не понятен. Если это эмпирическая величина, то формулу (1) следует записать как приближенное соотношение. Судя по приведенным соотношениям, автор ограничился оценкой средних значений случайных величин. Было бы полезно оценить их дисперсию, а в ряде случаев – и квантили. В автореферате не говорится о том, была ли представлена в диссертационной работе математическая модель, используемая в имитационном моделировании, и проводилась ли с помощью неё проверка результатов моделирования. Наглядное сравнение двух математических моделей: разработанной автором и лежащей в основе имитационного моделирования было бы более предпочтительным и показательным. На страницах 9-10 автореферата представлены функциональная модель системы DPI и формула (1) для интенсивности заявок, поступающих на аппаратный фильтр. По этой формуле получается, что на вход аппаратного фильтра поступает поток, превосходящий исходный поток от других узлов сети за счет повторной передачи уже обработанных пакетов от сервера анализа. Возможно, было бы корректно выделить для потоков уже обработанных пакетов отдельную очередь и устройство обработки (выходной буфер), так как иначе обслуживающие устройства в аппаратном фильтре будут обрабатывать некоторые пакеты по два раза. В наборе показателей трафика используются обозначения, отличающиеся от принятых в теории телетрафика. Для коэффициента вариации трафика используется символ  $a$ , хотя

обычно эта величина обозначается символами  $C$  или  $k$  с нижними индексами, здесь символ  $C$  используется для величины пропускной способности.

Выбор оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что Колбанёв М.О. автор ряда работ по сетям доступа и проблематике использования телекоммуникационных и информационных систем; Степанов М.С. провел ряд исследований в области моделирования эластичного трафика на сетях подвижной связи, мультисервисных сетях и сетях спутниковой связи; кафедра прикладной информатики и теории вероятностей РУДН, внесла значительный вклад в создание современных математических моделей для расчета мультисервисных сетей связи в частности силами таких ученых, как Башарин Г.П., Самуйлов К.Е., Гайдамака Ю.В., Кочеткова И.А., Севастьянов Л.А. Кроме того, Кочеткова И.А. впервые разработала модель в виде многопоточковых систем массового обслуживания с потерями, дисциплиной разделения процессора и двумя – нижним и верхним – порогами на скорость обслуживания.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований: разработаны** новая методика оценки эффективности и метод проектирования систем глубокой инспекции пакетов, позволяющие повысить точность проектирования таких систем; **предложены** новая математическая модель, состоящая из двух различных математических моделей, полученных на основе трудов Норроса, Вентцель и Овчарова и имитационная модель используемые для расчета систем глубокой инспекции пакетов; **доказано** наличие зависимости между интенсивностью поступающих заявок на систему глубокой инспекции пакетов и числом потоков и пакетов в передаваемом через систему трафике; **введены** новые понятия проанализированных и не проанализированных системой глубокой инспекции пакетов потоков данных, мгновенной вероятности появления нового потока, а так же новый термин – задержка коррекционных действий.

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что: доказаны** соотношения интенсивности заявок поступающих на различные сервера системы глубокой инспекции пакетов и целесообразность применения методики оценки



эффективности, расширяющие подходы по проектированию и эксплуатации систем глубокой инспекции пакетов; **применительно к проблематике диссертации результативно использованы** комплекс существующих базовых методов исследования, в т.ч. численных методов, имитационного моделирования и методов программного поиска; **изложены** условия работы системы глубокой инспекции пакетов и этапы проектирования такой системы; **раскрыты** проблемы при проектировании и особенности работы системы глубокой инспекции пакетов; **изучены** факторы влияющие на работу системы глубокой инспекции пакетов и соответствующие причинно-следственные связи; **проведена модернизация** существующих математических моделей изложенных в трудах И. Норроса, Е.С. Вентцель и Л.А. Овчарова, а так же метода Хука-Дживса, обеспечивающих получение подходящего числа обслуживаемых устройств на серверах системы за счет расчета времени нахождения заявки в системе глубокой инспекции пакетов.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что: разработаны и внедрены** методы расчета и рекомендации по проектированию для определения и обоснования конфигурации поставляемого аппаратного обеспечения операторам связи, метод проектирования и способы определения вероятности известных потоков при создании платформы мониторинга СПАЙДЕР, подходы по анализу трафика, алгоритмы определения числа обслуживаемых устройств, имитационная модель используются при эксплуатации сетей связи и планировании ГТС в ПАО "Ростелеком", модели и метод проектирования внедрены в учебный процесс СПбГУТ; **определены** перспективы практического использования разработанных моделей, методики и метода при проектировании и эксплуатации систем глубокой инспекции пакетов; **создан** научно-обоснованный метод проектирования системы глубокой инспекции пакетов, включающий в себя полученные в работе модели описания системы и методику оценки эффективности распределения аппаратных ресурсов в системе; **представлены** методика оценки эффективности и метод проектирования, рекомендации по проектированию и дальнейшему совершенствованию систем глубокой инспекции пакетов.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:** для **экспериментальных работ** показана воспроизводимость результатов исследования при исходных данных собранных в разные дни недели, проведена верификацией результатов математических расчетов с помощью имитационной модели; **теория** построена на известных математических моделях, согласуется с опубликованными исследованиями по применению фрактального Броуновского движения для описания поступающего потока заявок на систему массового обслуживания и по технологии глубокой инспекции пакетов; **идея базируется** на анализе существующих международных документов, решений вендоров, применении классических и современных подходов математического и имитационного моделирования; **использованы** сравнение результатов математического и имитационного моделирования; **установлено** качественное и количественное совпадение результатов математического и имитационного моделирования; **использованы** современные методики сбора и обработки информации, представительные исходные параметры для проектирования с обоснованием необходимости их применения и указанием единиц измерения.

**Личный вклад соискателя состоит в** том, что все основные результаты диссертационной работы получены автором лично, а именно: определен набор показателей трафика и системы глубокой инспекции пакетов, необходимый для проектирования сетевой архитектуры такой системы; разработаны математическая и имитационная модели системы глубокой инспекции пакетов; разработана методика оценки эффективности вариантов аппаратного состава серверов системы глубокой инспекции пакетов. Автор принимал активное участие в работе с исходными данными. Автором осуществлены формализация интенсивности поступающих заявок на сервера системы глубокой инспекции пакетов, выбор математических моделей и соответствующие расчеты. Самостоятельно автором разработаны имитационные модели. Автор осуществлял проведение экспериментов, обработал и интерпретировал полученные данные. Автор лично разработал методику по оценке эффективности системы глубокой инспекции пакетов по методу максимального элемента и модернизированному автором

методу Хука-Дживса. Подготовка основных публикаций по выполненной работе велась лично автором или при его значительном участии.

Диссертация «Модели и методы проектирования сетевой архитектуры глубокой инспекции пакетов» является законченной научно-квалификационной работой, в которой решение научной задачи, имеющей значение для развития подходов по проектированию и эксплуатации систем глубокой инспекции пакетов, что соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к докторским диссертациям, а также пунктам 3, 4, 5, 11 и 14 паспорта научной специальности 05.12.13 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций.

На заседании 22 сентября 2021 года диссертационный совет принял решение присудить Фицову В.В. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 13 человек, из них 6 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 19 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 13, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель диссертационного совета,  
доктор технических наук, профессор



Гоголь Александр Александрович

Ученый секретарь диссертационного совета,  
доктор технических наук, доцент



Маколкина Мария Александровна

25 сентября 2021 года