

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента доктора технических наук, профессора  
**Листопада Николая Измаиловича**  
на диссертационную работу  
**Врублевского Сергея Сергеевича**  
«Параметрический синтез виртуальной частной сети  
в сети электросвязи специального назначения», представленную на  
соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности по  
специальности 05.13.15 – вычислительные машины, комплексы и  
компьютерные сети

### **1. Соответствие содержания диссертации специальности и отрасли науки**

Содержание диссертационной работы Врублевского Сергея Сергеевича «Параметрический синтез виртуальной частной сети в сети электросвязи специального назначения» соответствует отрасли науки – технические и следующим пунктам паспорта специальности 05.13.15 – вычислительные машины, комплексы и компьютерные сети.

1. Научно-технические аспекты создания вычислительных машин общего и специального назначения и создаваемых на их основе вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей, обладающих повышенной производительностью, надежностью и высокими эксплуатационными характеристиками.

2. Методы и алгоритмы для создания локальных и глобальных компьютерных систем, а также технических и программных средств для реализации корпоративных клиент-сервер и глобальных технологий обработки распределенной информации.

12. Методы, алгоритмы и средства для тестирования и диагностирования вычислительных машин, комплексов, систем и компьютерных сетей, в том числе с учетом ограничений на рассеиваемую мощность.

### **2. Актуальность темы диссертации**

Предоставление широкого спектра услуг, таких как видеоконференцсвязь, IP-телефония, электронная почта, передача файлов, веб-сервисы, в сетях электросвязи специального назначения предполагает широкое использование виртуальных частных сетей (VPN) с обеспечением необходимого уровня безопасности главным образом за счет использования технологий шифрования и

криптографии.

На сегодняшний день при реализации таких услуг остаются нерешенными ряд научно-технических задач, связанных необходимостью учета следующих аспектов: топологических особенностей сети связи, параметров и характера передаваемого трафика, возможностей коммутационных устройств по обработке трафика и используемых протоколов маршрутизации, а также характеристиках качества обслуживания пользователей, в первую очередь, пропускных способностей каналов связи и задержки при передаче пакетов.

В этой связи диссертация Врублеского С.С, целью которой является повышение пропускной способности *VPN*-туннелей в сети электросвязи специального назначения с учетом обеспечения качества обслуживания пользователей, представляется важной и актуальной.

### **3. Степень новизны результатов, полученных в диссертации и научных положений, которые выносятся на защиту**

Полученные в диссертационной работе Врублевского С.С. результаты обладают научной новизной, которая состоит в следующем:

- новым при разработке математической модели виртуальной частной сети в сети электросвязи специального назначения является учет влияния задержки передачи пакета при оценке запаса по пропускной способности для создаваемых *VPN*-туннелей, что позволило более точно уже на этапе планирования сети определить требуемые ресурсы для ее создания при использовании различных протоколов маршрутизации;

- для решения задачи оптимального распределения *VPN*-туннелей в системах электросвязи специального назначения с учетом выполнения требований по обеспечению качества обслуживания пользователей предложена целевая функция, учитывающая дополнительный параметр – задержку передачи пакета. Задача параметрического синтеза виртуальной частной сети по критерию минимальной задержки передачи пакета и максимальной пропускной способности участка сети решена при помощи математического аппарата идемпотентной (тропической) математики. В основу предложенного метода положено представление числовых полей тропическими полуполями для нахождения матрицы кратчайших расстояний при аппроксимации сети *VPN* двухвесовым графом путем проведения операции унарного замыкания в тропическом полукольце;

- предложено новое решение задачи обработки и распределения трафика в структуре *VPN*-туннелей маршрутизаторами в системах электросвязи специального назначения с учетом обеспечения качества обслуживания

пользователей, состоящее в изменении функциональной структуры маршрутизатора и заключающегося в разработке и реализации блока маршрутизации и алгоритма администрирования *VPN*-туннелей, предполагающих совместное использование предлагаемых решений со стандартизированными протоколами маршрутизации и позволяющего без внесения изменений в аппаратное обеспечение маршрутизаторов повысить пропускную способность *VPN*-туннелей.

#### **4. Обоснованность и достоверность выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Обоснованность и достоверность выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, основывается на использовании классических методов граф-комбинаторных моделей и теории массового обслуживания, математической статистики и обработки изображений.

Для численного моделирования использован пакет моделирования *Matlab*.

Достоверность полученных результатов по повышению пропускной способности *VPN*-туннелей обеспечена обширными натурными измерениями с использованием модернизированных маршрутизаторов специального назначения и компьютера как анализатора циркулирующего в сети трафика.

#### **5. Научная, практическая, экономическая и социальная значимость результатов с указанием рекомендаций по их использованию**

Научная значимость результатов диссертации состоит в учете задержки передачи пакета не только при оценке ресурса сети, но и при решении задачи параметрического синтеза виртуальных частных сетей.

Практическая значимость результатов диссертации состоит в том, что предложенный метод параметрического синтеза сети *VPN*, алгоритм администрирования *VPN*-туннелей и функциональная структура маршрутизатора позволит повысить пропускную способность туннелей *VPN*.

Экономическая и социальная значимость результатов состоит в повышении эффективности и снижении затрат на разработку и производство перспективных средств коммутации пакетов.

Практическая значимость результатов подтверждается актами реализации в ОАО «АГАТ-СИСТЕМ», управлении связи Генерального штаба Вооруженных сил Республики Беларусь и Военной академией Республики Беларусь.



## **6. Полнота опубликования основных положений, результатов диссертации в научной печати**

Основные положения и результаты диссертационных исследований в достаточной степени опубликованы в научной печати. По результатам диссертационных исследований опубликовано 15 печатных работ общим объемом 4,62 авторских листа, в том числе 6 статей в изданиях, соответствующих пункту 19 Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий, 8 статей в сборниках материалов конференций объемом 1,1 авторского листа, 1 статьи в сборниках тезисов докладов конференций объемом 0,42 авторского листа

Оформление диссертации и автореферата соответствует требованиям Инструкции о порядке оформления диссертации, диссертации в виде научного доклада, автореферата диссертации и публикаций по теме диссертаций, утвержденной Постановлением ВАК Республики Беларусь от 28.02.20214 № 3 (в редакции от 22.08.2022 № 5). Разделы «Общая характеристика работы» и «Заключение» автореферата дословно воспроизводят соответствующие разделы диссертации без изъятий и дополнений. Содержание автореферата полностью соответствует положениям и выводам, изложенным в диссертации.

## **8. Недостатки диссертации**

Несмотря на достаточно высокий научный уровень, несомненную новизну и практическую полезность, работа не лишена недостатков. К ним следует отнести следующие:

1. В диссертации анализируется VPN-сети, приводится описания организации VPN туннелей, оценивается трафик в этих сетях. В классическом понимании VPN-сеть – это прямое соединение между отправителем и получателем, т.е. точка-точка при заранее установленном соединении. В работе же анализируется такие аспекты сетей передачи данных, как маршрутизации, причем даже динамическая маршрутизация, т.е. когда маршрут выбирается с учетом состояния канала. В этой связи не очень понятно, как следует понимать маршрутизацию, ведь в VPN-сетях маршрут уже выбран.

2. На стр.35 представлена формула для расчета задержки  $w_{oi}$  ожидания пакета в буфере маршрутизатора. Абсолютно непонятно, откуда взята эта формула, если это авторская разработка, то надо понять, как эта формула была получена. В приложении Г эта формула расписывается с точки зрения входящих в нее параметров, однако как эта формула была получена, никак не поясняется. Еще больше вопросов к функции  $f(v_a)$ , входящую в эту формулу – что это за функция и почему она имеет именно такой вид.

3. На стр. 38 приведена формула (2.32) для  $w_{ols}$ . Утверждается на странице ранее, что данная формула получена из (2.31) при учете матрицы интенсивности трафика (2.17) и матрицы оптимальных маршрутов (2.14). Такое утверждение никак не обосновано и не доказано, поэтому корректность выражения (2.32) вызывает сомнение.

4. Выражение (2.33) определяет условия организации VPN-туннеля, из которого следует, что VPN-туннель может быть организован, если его пропускная способность будет меньше запаса по пропускной способности канала связи, а задержка в передаче пакета по организованному каналу будет меньше либо равна максимально допустимой задержке передачи пакета VPN-туннеля. Данное утверждение является тривиальным, напоминает теорему Шеннона для организации передачи информации в канале связи с шумами и в этой связи новизна данного утверждения весьма сомнительна.

5. Имеются замечания по оформлению текста диссертации, так на стр.70 абзац «Алгоритм имеет интерактивный...» повторяется дважды.

Проведенный анализ диссертации показал, что приведенные недостатки существенно не влияют на суть положений, выносимых на защиту, а также на научную и практическую ценность полученных результатов.

#### **9. Соответствие научной квалификации соискателя ученой степени, на которую он претендует**

Диссертация Врублевского С.С. является самостоятельной завершенной научно-квалификационной работой, в которой решена важная научно-техническая задача расширения пропускной способности VPN-туннелей в сетях электросвязи специального назначения с учетом обеспечения параметров качества обслуживания.

Диссертация выполнена на высоком научно-техническом уровне и полностью отвечает требованиям Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Содержательная часть диссертации Врублевского С.С., сформулированные выводы, положения, выносимые на защиту, и рекомендации по практическому использованию результатов исследования показывают, что соискатель владеет всеми требуемыми навыками, предъявляемыми по специальности 05.13.15 – вычислительные машины, комплексы и компьютерные сети.

## 10. Заключение

Диссертационная работа Врублевского С.С., выполненная под научным руководством кандидата технических наук, доцента Машкина Е.В., является законченной научной квалификационной работой.

Исследования автора лежат в области повышения эффективности и качества организации VPN-туннелей в сетях электросвязи специального назначения, имеют практическую направленность и полностью соответствуют отрасли наук и специальности 05.13.15, по которой диссертация представлена к защите.

Текст диссертации и автореферат оформлены в соответствии с требованиями ВАК Республики Беларусь к диссертационным работам. Научные конференции и семинары, на которых докладывались и обсуждались результаты исследований, достаточны для объективной оценки этих результатов.

Таким образом, диссертационная работа Врублевского Сергея Сергеевича «Параметрический синтез виртуальной частной сети в сети электросвязи специального назначения» соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Диссертация содержит новые научные результаты и свидетельствует о личном вкладе автора в науку.

Автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.15 за новые научно обоснованные результаты теоретических и прикладных исследований, обеспечивающих решение задачи расширения пропускной способности VPN-туннелей в сетях электросвязи специального назначения с учетом обеспечения качества обслуживания, включающие:

- математическая модель виртуальной частной сети в сети электросвязи специального назначения, разработанная в классе граф-комбинаторных моделей, отличающаяся от потоковой модели учетом задержки передачи пакета, позволяющая определить запас по пропускной способности для планируемых VPN-туннелей от 7,6 до 81,3 % в зависимости от использованного протокола передачи пакетов;

- метод параметрического синтеза VPN-сети, отличающийся учетом задержки передачи пакета и позволяющий при помощи математического аппарата идемпотентной математики повысить пропускную способность VPN-туннеля для интерактивного трафика по сравнению с существующими методами параметрического синтеза VPN-сети до 37%.

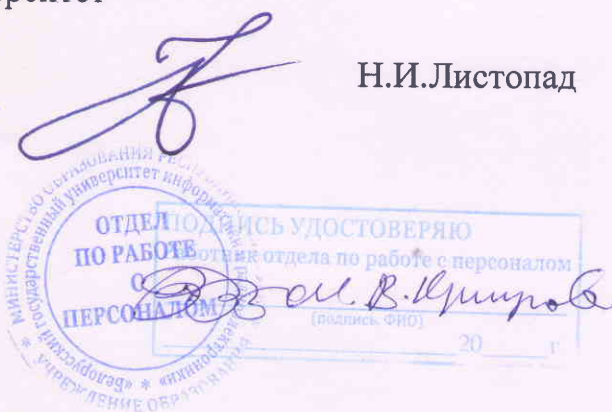
- функциональную структуру маршрутизатора, сервер и алгоритм администрирования VPN-туннелей в сети электросвязи специального назначения, осуществляющих в режиме реального времени конфигурирование



таблиц маршрутизации на основе оценки ресурсов сети, состояния каналов связи, загрузки коммутационных устройств с обеспечением требуемых характеристик качества обслуживания конечных пользователей.

Официальный оппонент  
заведующий кафедрой информационных  
радиотехнологий учреждения образования  
«Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники»,  
доктор технических наук, профессор

Н.И.Листопад



Совет по защите  
диссертаций при БГУИР  
«17» июня 2024 г.  
Вх. № 05.02-12/15