

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента кандидата технических наук, доцента

**Байдакова Максима Николаевича**

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 05.13.15 – вычислительные машины, комплексы

и компьютерные сети

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

По уровню научной и практической значимости диссертационная работа Врублевского Сергея Сергеевича «Параметрический синтез виртуальной частной сети в сети электросвязи специального назначения» соответствует отрасли науки – технические и специальности 05.13.15 «Вычислительные машины, комплексы и компьютерные сети» по пунктам:

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.

3. Способы архитектурной организации вычислительных машин, комплексов, систем и сетей, а также новых технологий организации вычислительного процесса, в том числе создание встроенных вычислительных систем, систем на кристалле и сетей на кристалле для технических, биомедицинских и мультимедиа приложений реального времени.

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

Революционные изменения в информационных технологиях привели к соответствующим преобразованиям в области военного управления. Первостепенное значение приобрела интеллектуализация систем управления войсками (силами) и оружием как наиболее быстрый и экономичный путь увеличения военного потенциала.

Расширение спектра средств автоматизации управления и охват ими всех звеньев систем управления войсками обусловили соответствующий рост трафика данных. Активное использование множества услуг электросвязи, предоставляемых на основе сетей военной связи с коммутацией пакетов, диктует необходимость обеспечения высокого качества обслуживания (QoS) для различных классов трафика. В целях информационной безопасности

осуществляется разграничение пакетного трафика посредством создания VPN-туннелей.

Актуальность задачи обеспечения и поддержания характеристик QoS на заданном уровне при организации VPN туннелей определяется условиями развертывания и функционирования сетей военной связи. К ним, в частности, относятся ограничения в силах и средствах связи, а также преднамеренные внешние воздействия. Очевидна необходимость эффективного использования ресурса пропускной способности сетей передачи данных для образования на них VPN туннелей с учетом требований к задержкам передачи пакета.

Врублевский Сергей Сергеевич в своей работе предлагает математическую модель, позволяющую оценить свободную пропускную способность пакетной сети связи с учетом выполнения требований по задержкам передачи пакетов в соответствии с рекомендацией МСЭ Y.1541, а также способ параметрического синтеза сети VPN, обеспечивающий образование маршрутов для VPN туннелей при поддержке QoS. Предложенные решения были реализованы в маршрутизаторе специального назначения и сервере администрирования VPN туннелей.

Изложенное свидетельствует об актуальности темы диссертации.

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

Учет степени влияния задержки передачи пакета в предложенной автором математической модели сети позволяет с большей, в сравнении с известными моделями, точностью спрогнозировать значения характеристик нагруженной сети, определяющих возможность дополнительной организации на ней VPN туннелей.

В основу метода параметрического синтеза положен предложенный автором новый критерий, одновременно учитывающий пропускные способности ребер маршрута и задержку передачи пакета в целях выполнения требований к качеству обслуживания для различных классов трафика. Задача оптимального распределения VPN туннелей сформулирована в терминах тропической математики, что позволило за одно матричное действие определить матрицу наименьших расстояний.

Предложенный алгоритм администрирования VPN туннелей включает новые решения по совместному использованию стандартизированных протоколов маршрутизации и разработанных автором модели и метода для повышения пропускной способности VPN туннелей.

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

Обоснованность и достоверность научных результатов, полученных в ходе исследования, подтверждаются корректным выбором и использованием математического аппарата теории графов, теории массового обслуживания,

а также апробированного современного аппарата тропической (идемпотентной) математики.

Достоверность полученных результатов по повышению пропускной способности VPN туннелей при выполнении требований к задержке передачи пакета подтверждается результатами выполненных измерений характеристик сети связи специального назначения, построенной с использованием модернизированных маршрутизаторов специального назначения и сервера администрирования VPN туннелей.

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

Научная значимость разработанных математической модели виртуальной частной сети в сети электросвязи специального назначения, метода параметрического синтеза виртуальной частной сети в сети электросвязи специального назначения, алгоритма администрирования VPN туннелей заключается в расширении научно-методического аппарата анализа и синтеза сетей связи в части формализации и решения задачи параметрического синтеза виртуальных частных сетей с использованием нового критерия оптимизации.

Практическая значимость полученных в диссертации результатов подтверждается их реализацией в технических средствах связи, используемых для построения сетей электросвязи специального назначения (акты реализации ОАО «АГАТ-СИСТЕМ», управлении связи Генерального штаба Вооруженных Сил Республики Беларусь, Военной академии Республики Беларусь).

Экономическая значимость полученных результатов заключается в повышении эффективности функционирования маршрутизаторов, что позволяет повысить пропускную способность VPN туннелей, образованных на сети, без увеличения количества используемых технических средств связи.

Полученные в работе научные результаты рекомендуется использовать:

при разработке (модернизации) военной техники связи;

при планировании связи органами управления связью;

в качестве научно-технического задела при проведении дальнейших исследований по данному направлению, в том числе диссертационных.

#### **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.

В качестве наиболее значимых публикаций можно выделить:

1. Врублевский С.С., Машкин Е.В., Бысов А.А. Анализ математических моделей VPN и обоснование необходимости их применения в сетях электросвязи специального назначения // Весн. сувязі. – 2021. – № 6 (170). – С. 52–55.

2. Врублевский С.С., Машкин Е.В., Бысов А.А. Анализ характеристик качества обслуживания сети VPN на основе имитационной модели // Весн. сувязі. – 2022. – № 5 (175). – С. 68–72.

3. Врублевский С.С., Машкин Е.В., Бысов А.А. Обоснование необходимости учета задержки передачи пакетов при планировании VPN-туннелей в сетях электросвязи специального назначения // Вестник ВАРБ – 2023. – № 1 (78). – С. 24–31.

4. Врублевский С.С., Машкин Е.В., Бысов А.А. Математическая модель VPN в сети электросвязи специального назначения, определяющая запас по пропускной способности, для планируемых VPN-туннелей с учетом класса передаваемого трафика // Доклады БГУИР – 2023. – № 4. – С. 93–100.

5. Врублевский С.С., Машкин Е.В., Бысов А.А. Метод параметрического синтеза сети VPN на основе математического аппарата тропической математики // Вестник ВАРБ – 2023. – № 2 (79). – С. 37–43.

Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации.

#### **7. Оценка оформления диссертации.**

Изложение диссертации соответствует требованиям ВАК Республики Беларусь. Материал изложен последовательно, с использованием общепринятых терминов и определений. К недостаткам оформления можно отнести отличия обозначений отдельных физических величин в разных главах, затрудняющие восприятие материала.

#### **8. Недостатки диссертации.**

В качестве недостатков диссертационной работы можно отметить следующие.

1. При введении матрицы (2.16) автор допускает неточность в описании порядка получения значений ее элементов с использованием матриц (2.6) и (2.3) разной размерности. Процедура поэлементного перемножения матрицы (2.3) с каждым из столбцов матрицы (2.6) конкретизирована в листинге программы математической модели в приложении Д.

2. Определяя задержку передачи пакета, автор не учитывает зависимость времени обработки пакета маршрутизатором (2.5) от длины пакета, что может привести к увеличению погрешности оценки запаса сети по пропускной способности в случае преобладания трафика классов 4–7 по рекомендации МСЭ Y.1541.

3. При разработке математической модели виртуальной частной сети в сети электросвязи специального назначения автор не представил целостную вербальную модель с полным и точным описанием условий моделирования,

введённых в работе ограничений, используемых терминов и понятий, что требует обращения к листингу программы для однозначной интерпретации модели и ее элементов.

4. Используя заимствованный в [59] способ обозначения маршрутов передачи трафика, автор не указывает пределы изменения индексов отдельных переменных (например, в выражениях (2.18), (2.28) – (2.31)), что приводит к описанию маршрутов в общем виде.

5. Оценка адекватности математической модели VPN проведена на упрощенной структуре сети, в которой отсутствует высокая вариативность маршрутов, характерная для сетей электросвязи специального назначения.

6. Предлагаемый метод параметрического синтеза виртуальной частной сети предполагает поэтапное определение оптимального маршрута для каждого вновь создаваемого VPN туннеля. При этом нахождение оптимального решения задачи поиска маршрутов для VPN туннелей с учетом их взаимного влияния автором не рассматривается.

Указанные недостатки не снижают общего положительного впечатления о работе, носят частный характер и не оказывают существенного влияния на полученные автором результаты, их научную новизну, достоверность и практическую значимость.

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

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

Диссертация выполнена на высоком уровне, 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 обладает необходимой квалификацией по специальности 05.13.15 – вычислительные машины, комплексы и компьютерные сети.

#### **10. Заключение.**

Диссертационная работа Врублевского С.С. выполнена по актуальной теме, на высоком научном уровне, представляет научный и практический интерес и свидетельствует о высокой научной квалификации автора.

Научные положения и выводы, изложенные в работе, обладают оригинальностью, в достаточной мере аргументированы и подтверждены практикой.

Представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук диссертация удовлетворяет требованиям п. 21 Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий, поскольку содержит новые научно обоснованные результаты, использование которых обеспечивает решение важной научно-практической задачи повышения пропускной способности VPN туннелей, и соответствует специальности 05.13.15 «Вычислительные машины, комплексы и компьютерные сети».

Работа выполнена самостоятельно, а ее автор Врублевский Сергей Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук за разработку:

математической модели виртуальной частной сети в сети электросвязи специального назначения, отличающейся от известных потоковых моделей учетом задержки передачи пакета и позволяющей определить запас сети по пропускной способности для планируемых VPN туннелей точнее на 7,6 – 81,3 % в зависимости от используемого протокола маршрутизации;

метода параметрического синтеза VPN сети, отличающегося учетом задержки передачи пакета посредством введения нового критерия оптимальности и позволяющего 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%.

функциональной структуры маршрутизатора, сервера и алгоритма администрирования VPN туннелей в сети электросвязи специального назначения, обеспечивающих 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  
первый заместитель начальника  
(по научной работе) государственного  
учреждения «Научно-исследовательский  
институт Вооруженных Сил Республики Беларусь»  
к.т.н., доцент  
полковник

М.Н.Байдаков

