

## УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе  
ФГБОУ ВО ПГУТИ

доктор технических наук, профессор

Горячкин О.В.

« 11 »

2025 г.

## ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

федерального государственного бюджетного образовательного  
учреждения высшего образования «Поволжский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики» (ПГУТИ)

на диссертацию Помогаловой Альбины Владимировны на тему «Разработка модели и методики оценки эффективности адаптивного выбора блокчейн-систем с учетом характеристик трафика в сетях связи», представленную к защите в диссертационном совете Д 55.2.004.01 на базе ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича» (СПбГУТ) на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.15 Системы, сети и устройства телекоммуникаций

### Актуальность темы исследования

Появление новых технологий, их интеграция и внедрение в существующую цифровую экосистему, как правило, осложняется не только аппаратными ограничениями существующей инфраструктуры, но и дополнительной сетевой нагрузкой, которая может оказывать влияние на требуемый уровень качества обработки более приоритетного сетевого трафика, провоцировать задержки, потерю информации. Технология блокчейн не является исключением, поскольку предъявляет достаточно высокие требования как к аппаратному обеспечению, так и сетевой инфраструктуре, генерируя большие объемы трафика (поиск соседних узлов сети, получение и распространение информации о новых транзакциях, получение и передача информации о новых блоках), которые зависят от множества параметров, например, количество устройств для обмена информацией. Оптимизация на этом уровне в контексте технологии не представляется возможной, так как снижение количества связей между узлами сети снижает ее безопасность и устойчивость к атакам. Эти особенности затрудняют интеграцию технологии, лишая возможности использования ключевых преимуществ – безопасности, прозрачности и контроля целостности передаваемой информации.

Диссертационная работа Помогаловой Альбины Владимировны посвящена вопросам анализа создаваемой сетевой нагрузки технологией блокчейн, а также разработке адаптивного подхода контроля создаваемой нагрузки методом коррекции алгоритма консенсуса блокчейн-сети с учетом текущих значений сетевых параметров и оценке эффективности предлагаемого подхода. С учетом изложенного тема диссертационной работы является актуальной.

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

Структура диссертационной работы включает введение, 4 главы, заключение, список сокращений и условных обозначений, список литературных источников (82 единицы) и 2 приложения. Научная новизна работы демонстрируется на этапе формулировки темы, так как современные исследования направлены на разработку более универсальных механизмов регулирования правил блокчейн-сети (алгоритмов консенсуса), в отличие от адаптивности к каким-либо изменяемым параметрам.

В первой главе автор делает акцент на исследовании и анализе генерируемой новой сетевой нагрузки при интеграции технологии блокчейн в контексте возможных сценариев – передачи информации о поиске новых узлов, передачи транзакции или блока транзакций, влиянии трафика на полосу пропускания в сравнении с существующими показателями скорости подключения различных технологий доступа в сеть Интернет.

Вторая глава посвящена вопросам определения нагрузки, оказываемой на аппаратное обеспечение и оценки возможности размещения узлов блокчейн-сети на современном телекоммуникационном оборудовании. Одним из наиболее весомых результатов, описанных в главе, являются определенные в рамках экспериментов сетевые характеристики и их значений, при которых отобранные для сравнения консенсусы демонстрируют наибольшую эффективность работы. Полученные результаты уже могут быть использованы для выбора наиболее эффективных блокчейн-систем.

В третьей главе автором описывается концепция модулей мониторинга и принятия решения, разработаны аналитическая и имитационные модели сети с модулем принятия решения адаптивного выбора алгоритма консенсуса блокчейн-сети с отклонением в расчетах и результатах моделирования не более 5%, что позволяет использовать разработанную модель для дальнейших исследований, а также при планировании и оценке работоспособности сети после интеграции блокчейн-систем.

В четвертой главе автор описывает разработанную модель оценки эффективности разработанного модуля принятия решения адаптивного выбора алгоритма блокчейн-систем, а также приводит результаты апробации модели с применением аналитического расчета и имитационного моделирования. В

завершение главы автор представляет методики интеграции модуля принятия решения и оценки эффективности, которые могут быть использованы как практическое руководство, служа инструментом подбора наиболее эффективных блокчейн-системы (или набора) для рассматриваемых сетевых условий.

#### **Обоснованность и достоверность научных положений и выводов**

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

По теме диссертации представлено 17 работ: 4 статьи в изданиях, включенных в перечень рецензируемых научных изданиях (перечень ВАК при Минобрнауки России); 4 статьи в изданиях, включенных в международные базы цитирования; 3 результата интеллектуальной деятельности; 2 отчёта о НИР; 4 статьи в других изданиях и материалах конференций.

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

Теоретический вклад заключается в развитии тематики адаптации для блокчейн-систем, предлагая новый подход к переключению консенсусов в зависимости от сетевых условий. Разработанная в рамках этого направления модель массового обслуживания обогащает теоретические основы сетевых технологий, что может быть полезно для оптимизации работы блокчейн-сетей. А представленный метод оценки эффективности блокчейн-сетей открывает новые возможности для исследований в области их оптимизации.

Практическое применение разработанного модуля адаптивного алгоритма может значительно повысить производительность и устойчивость систем, позволяя им эффективно реагировать на изменения в нагрузке и инфраструктуре. Также внедрение модуля мониторинга сетевых пакетов улучшает уровень контроля и управления, что способствует более обоснованному принятию решений в реальных сценариях, обеспечивая надежность и сетей связи, использующих блокчейн.

Следует отметить, что полученные в диссертационной работе результаты нашли широкое применение на предприятиях, а именно в ООО «Естественный Интеллект» при разработке корпоративного программного решения с применением технологии блокчейн, в ООО «ЮбиТел» при проектировании программного обеспечения и позволило расширить функциональные возможности создаваемой системы с учетом аппаратных и сетевых характеристик. Помимо этого, результаты были использованы в ФГБОУ ВО СПбГУТ в образовательном процессе при чтении лекций и проведении практических занятий по курсу «Сети связи и системы

коммутации», а также при выполнении прикладных научных исследований и подготовке отчетов о проведенных научно-исследовательских работах в 2023 и 2024 годах.

### **Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации**

Результаты диссертационной работы могут быть использованы для оптимизации функционирования современных сетей связи после интеграции технологии блокчейн. Модель и методика оценки эффективности могут быть использованы при планировании и подборе наиболее эффективных блокчейн-систем и механизмов консенсуса при стабильных показателях сетевых характеристик, топологии сети и аппаратного обеспечения. Разработанный модуль мониторинга и принятия решения могут быть использованы при интеграции блокчейн-систем, где характер изменения сетевых характеристик не является постоянным.

Полученные в диссертационной работе результаты 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», при выполнении прикладных научных исследований, подготовке специалистов по современным сетям и системам связи в университетах РФ, например, СПб НИУ ИТМО, СПбПУ Петра Великого, СПбГУТ, МГУСИ, ПГУТИ и др.

### **Общая оценка диссертационной работы (с замечаниями)**

Все основные результаты диссертационной работы получены автором самостоятельно. Экспериментальные исследования проведены под научным руководством автора при его непосредственном участии.

Диссертация и автореферат оформлены в соответствии с принятыми для научных квалификационных работ нормами и требованиями. Автореферат в полной мере отражает основные научные результаты и положения, сформулированные в тексте диссертации. Автореферат содержит краткое изложение материалов диссертационной работы по главам и полностью соответствует содержанию самой диссертации.

### **Замечания по диссертационной работе:**

- 1) Не выделены ключевые параметры таблицы граничных значений (таблица 4), упоминаемой в пункте 3.1. Нет понимания, какие факторы являются наиболее значимыми для анализа. Обращение внимания на выделение ключевых параметров в таблице граничных значений может помочь сделать модель более понятной и полезной для практического применения. Также недостаточно подробно раскрыты пересечения параметров у значений, выстроенная в связи с этим приоритезация параметров.

- 2) Отсутствие ссылок на смежные исследования по представленной модели массового обслуживания в пункте 3.2. Отсутствие ссылок на смежные исследования по модели массового обслуживания создает впечатление изолированности работы. Добавление ссылок на смежные исследования может создать контекст для работы и укрепить обоснование выводов, показывая, как результаты соотносятся с предыдущими исследованиями.
- 3) Не достаточное обоснование выбора модели «малого мира» в пункте 4.2. Отсутствие обоснования выбора модели «малого мира» вызывает вопросы о целесообразности данного подхода. Более детальное обоснование выбора модели «малого мира» может помочь понять, почему был выбран именно этот подход и как он соотносится с другими моделями.
- 4) Отсутствие детализации о времени сбора данных  $T_{full}$  (формула 4.3). Описана в пункте 4.2, использована в пункте 4.3 Недостаток в четкой детализации времени сбора данных  $T_{full}$  создает неясности в результатах экспериментов. Рассмотрение возможности более детального описания времени сбора данных  $T_{full}$  может улучшить интерпретацию результатов и повысить воспроизводимость исследования.
- 5) В работе присутствуют опечатки, некоторые стилистические неточности. Также оформление формул не в полной мере соответствует ГОСТ, но не нарушает восприятия информации.

### **Заключение**

Отмеченные недостатки не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы Помогаловой Альбины Владимировны. Диссертация «Разработка модели и методики оценки эффективности адаптивного выбора блокчейн-систем с учетом характеристик трафика в сетях связи» является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи - разработке модели и методики оценки эффективности адаптивного выбора блокчейн-систем для снижения потерь блоков транзакций на сетях связи и обеспечения достаточного уровня гибкости управления, имеющая значение для отрасли цифрового развития и связи.

Полученные автором результаты отличаются научной новизной, теоретической и практической значимостью. Результаты апробированы на международных и российских конференциях. Основные научные результаты достаточно полно изложены в публикациях российских и зарубежных изданий. Название работы отражает ее содержание, содержание диссертации соответствует пунктам 1, 4, 13 паспорта специальности 2.2.15 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций. Автореферат адекватно отражает содержание диссертационной работы и ее основные результаты.

