

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента на диссертацию

Помогаловой Альбины Владимировны

«Разработка модели и методики оценки эффективности адаптивного выбора блокчейн-систем с учетом характеристик трафика в сетях связи», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.15 – «Системы, сети и устройства телекоммуникаций»

### **Содержание работы**

Структура диссертации включает в себя введение, главы 1-4, заключение, список сокращений и условных обозначений, список литературы, два приложения. Диссертация представлена на 144 страницах, содержит 38 рисунков, 5 таблиц и 82 литературных источника.

В введении представлено обоснование выбора темы исследования, цель, задачи научная новизна, теоретическая и практическая значимость.

Глава 1 посвящена анализу применения технологии блокчейн в российских и международных проектах, законодательной базе, связанной с применением технологии в Российской Федерации. Приводится общий алгоритм работы блокчейн-сетей, а также анализ структуры сетевого пакета на примере блокчейн-трафика сетей Ethereum, TON и Cardano. В приведенном анализе сетевых пакетов с блокчейн-трафиком отмечаются особенности передачи как транзакции, так и блока транзакций. Приведена оценка объема создаваемой сетевой нагрузки при передаче блокчейн-трафика одним устройством в соотношении с скоростью подключения различных технологий доступа в сеть Интернет.

Во главе 2 рассмотрено понятие алгоритма консенсуса блокчейн-сетей, как ключевого параметра, оказывающего влияние на скорость обработки и проверки информации в сети. Приведены результаты оценки заполнения пула неподтвержденных транзакций, использования полосы пропускания, загрузки CPU в рамках моделирования алгоритмов консенсуса PoW, PoS, PoET, DPoS, демонстрирующие явные отличия влияния алгоритмов консенсуса на сеть связи. Приведены результаты исследования нагрузки на аппаратные компоненты (центральный процессор, оперативную память, жесткий диск) при генерации блоков. В результате приведенных исследований и моделирования предложена таблица пороговых значений сетевых характеристик эффективности рассматриваемых алгоритмов консенсуса.

В главе 3 разработана модель сети связи с блокчейн-сетью и ее вариация с модулем принятия решения (адаптивной смены текущего алгоритма консенсуса блокчейн-сети с учетом сетевых характеристик). Предложена концепция адаптивности механизмов блокчейн-сетей, реализуемая посредством модуля мониторинга сетевых характеристик узлом блокчейн сети и модулем принятия решения о смене текущего алгоритма консенсуса блокчейн-сети с учетом текущих значений сетевых характеристик выделенных в главе 2. Представленные результаты имитационного моделирования

продемонстрировали отсутствие потери пакетов блокчейн-трафика при использовании модуля принятия решения адаптивного переключения алгоритмов консенсуса на сети блокчейн.

В главе 4 разработана модель оценки эффективности разработанного модуля адаптивного выбора консенсуса, учитывающая как скорость распространения информации до границ сети, так и характеристики скорости создания блоков, частоту передачи данных, частоту создания транзакций. Предложены методика интеграции модуля принятия решения и методика оценки эффективности адаптивного выбора блокчейн-систем, учитывающая сетевых характеристики.

В заключении приводятся основные выводы и наиболее важные результаты работы.

Внедрение результатов диссертационной работы подтверждено актами трех организаций.

### **Актуальность темы диссертации**

Одной из сквозных технологий цифровой экономики является технология распределенного реестра (блокчейна), которая математически гарантирует невозможность подделки и прозрачность изменения хранимых данных. Платой за достоверность является необходимость хранения всей истории изменений и валидации любых изменений каждым участником при помощи алгоритма консенсуса.

У нас в стране эта технология имеет самый высокий уровень готовности и поддерживается несколькими разработчиками. Экономический эффект от использования блокчейна, достигаемый за счет минимизации количества посредников в самых разных процессах деятельности, в 2024 г. прогнозировался в 782 млрд руб.

В последние годы технологии распределенного реестра упоминаются, в основном, в двух аспектах:

- майнинг криптовалют, требующий очень много электрической энергии;
- использование криптовалют в качестве новой сферы экономической активности государств.

Однако распределенный реестр широко используется и в других областях. В медицине он помогает защитить персональные данные пациентов, в торговле и фармацевтике – от контрафактной продукции, в умных дорожных инфраструктурах – от атак на транспортные средства и т.п.

К числу требований к распределенному реестру, которое не должны забывать разработчики, относится требование к своевременной и надежной доставке данных между участниками системы. Эти требования должны обеспечивать как узлы блокчейн-сети, так и сетевая инфраструктура, на которую «накладывается» система распределенного реестра.

В реальных ситуациях на качество обслуживания пакетов участников существенно влияет нагрузка, поступающей от других приложений.



Диссертация Помогаловой Альбины Владимировны как раз и посвящена исследованию взаимного влияния друг на друга технологии распределенного реестра и сетей связи. Рассматриваются способы упрощения интеграции технологии блокчейн в сети связи без нарушения существующей приоритезации передачи трафика. Все это в совокупности и обуславливает актуальность проведенного исследования и представленных в работе результатов.

### **Новизна научных положений, выводов, рекомендаций. Теоретическая и практическая ценность диссертационной работы**

Научная новизна диссертационной работы обусловлена системным взглядом на взаимное влияние систем распределенного реестра (блокчейн-сетей) и общегосударственных сетей связи, который позволяет сформулировать и решать задачи поиска и разработки универсального алгоритма выбора механизма консенсуса с учетом текущих характеристик сети связи. Конкретные результаты, обладающие научной новизной, состоят в следующем:

1. Выделены и определены пороговые значения алгоритмов консенсуса, влияние которых на сети связи наиболее существенно.

2. Предложена концепция модулей мониторинга сети и принятия решения о смене текущего алгоритма консенсуса блокчейн-сети с учетом значений сетевых характеристик. Разработано математическое описание системы массового обслуживания с модулем принятия решения и смены консенсуса.

3. Разработан метод и методика оценки эффективности предлагаемого подхода адаптивного изменения правил блокчейн-сети.

Теоретическую ценность представляют результаты анализа трафика блокчейн-сети, его объемов и влияния на сети связи при передаче транзакций и блоков переменного размера. Помимо этого, сформирована модель массового обслуживания данной системы для аналитического представления вероятностных исходов состояний сети под влиянием адаптивного выбора алгоритма консенсуса блокчейн-сети и оценки влияния на систему различных алгоритмов консенсуса при отсутствии механизмов адаптивности.

Практическая значимость диссертационной работы заключается в полученных значениях сетевых параметров эффективности рассмотренных алгоритмов консенсуса, как представителей наиболее популярных категорий и механизмов, лежащих в основу современных систем. Практическую ценность имеют разработанные модули мониторинга и принятия решения, а также модель оценки эффективности, которая позволяет произвести оценку и подбор наиболее эффективной блокчейн-системе при неизменном характере трафика сети и его аппаратной конфигурации.

Полученные в диссертационной работе результаты использованы в ООО «Естественный Интеллект» при разработке корпоративного программного решения, в ООО «ЮбиТел» при проектировании программного обеспечения,

а также в ФГБОУ ВО СПбГУТ при чтении лекций и проведении практических занятий, и при выполнении ПНИ и отчета о НИР «Прикладные научные исследования в области создания, развития и нормативного регулирования сетей связи, цифровых и перспективных технологий, подготовки отраслевых кадров на период до 2030 года с учетом импортозамещения и необходимости преодоления санкционных ограничений» в 2024 году, «Прикладные научные исследования в области создания сетей связи 2030, включая услуги телеприсутствия с сетевой поддержкой, и экспериментальная проверка решений при подготовке отраслевых кадров» в 2023 году.

### **Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и результатов, сформулированных в диссертационной работе**

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и результатов диссертационной работы подтверждается корректным применением математического аппарата, результатами имитационного моделирования, обсуждением результатов диссертационной работы на конференциях, а также публикацией основных результатов в ведущих российских изданиях.

Основные результаты диссертационной работы были представлены и обсуждались на научных конференциях и семинарах: 24-й международной конференции «Distributed Computer and Communication Networks: Control, Computation, Communications», международной научной конференции «2022 Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications», 4-й международной научно-технической конференции «Современные сетевые технологии», международной научной конференции «2022 Intelligent Technologies and Electronic Devices in Vehicle and Road Transport Complex», 2-я международной конференции «International Conference on Advanced Computing & Next-Generation Communication, международной конференции «2024 Systems of Signal Synchronization, Generating and Processing in Telecommunications», МНТК «Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании», семинарах кафедры инфокоммуникационных систем.

Всего по теме диссертации опубликовано 17 работ, из них: 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.

### **Замечания по диссертационной работе**

1. С точки зрения методики изложения материала, существует противоречие между числом задач, которые формулируются во введении и, по мнению соискателя, решение которых должно привести к достижению цели



исследования (10 штук), и количеством научных результатов, которые были получены (3 штуки). Зачем надо было решать остальные 7 задач? Это мешает чтению рукописи.

2. В тексте работы указывается на то, что при оценке эффективности адаптивного выбора блокчейн-систем (глава 4) учитывается трафик, создаваемый другими приложениями, нагружающими сеть. Однако из приведенных материалов этого нельзя установить наверняка. Если типичный трафик интернет не учитывается, то ценность полученных результатов уменьшается кратно.

3. В первой главе на странице 32 в описании пакетов блоков технологии блокчейн не обоснован максимальный размер пакета в 1500 байт. Также недостаточно подробно описаны случаи, в которых транзакции не помещаются в 1 пакет, и исходящие из этого события, сценарии и расчеты.

4. В UML-диаграммах на рисунках 2 - 5 встречаются нетипичные формы блоков, например, при описании входа в циклические вычисления.

5. Не указаны источники для отраженных в таблице 2 скоростей подключения различных технологий доступа в сеть Интернет. Представленные выводы по главе 1 следовало расширить, так как приведенный вывод недостаточно раскрывает влияние блокчейн-трафика и его объемы. Например, не приводится статистика среднего количества устройств блокчейн-сети и объем генерируемого ими трафика в сумме для отражения более реалистичных значений и дальнейшей оценки влияния на современные сети связи.

6. В диссертации рассматривается концепция размещения узлов блокчейна на роутерах и коммутаторах, что может стать важным шагом к интеграции блокчейн-технологий в современные сетевые инфраструктуры. Однако в исследовании отсутствуют конкретные ссылки на возможные реализации, что создает неопределенность для практиков, заинтересованных в ее применении. Кроме того, не обозначены целевые системы и конфигурации сетей, для которых данная разработка может быть эффективна.

7. В главе 4 пункте 2 в описании расчета временных характеристик отсутствует информация о допустимых размерах диаметра графа  $D(G)$  и времени распространения информации  $T_{full}$ . Также следует отметить недостаточное обоснование отсутствия рассмотрения альтернативных моделей графов. Это приводит к неполной картине проблемы и недооценке других подходов, которые могли бы предложить новые направления для будущих исследований.

8. В работе встречаются опечатки и стилистические неточности.

## **Выводы**

Отмеченные недостатки не снижают ценности результатов диссертации для теории и практики. Диссертационная работа Помогаловой Альбины Владимировны «Разработка модели и методики оценки эффективности адаптивного выбора блокчейн-систем с учетом характеристик трафика в сетях

связи» является законченной научно-квалификационной работой. Диссертация соответствует следующим пунктам паспорта специальности 2.2.15 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций: 1, 4, 13.

В диссертации решена научная задача по разработке модели и методики оценки эффективности адаптивного выбора блокчейн-систем для снижения потерь блоков транзакций на сетях связи и обеспечения достаточного уровня гибкости управления. Автореферат полностью отражает основное содержание диссертационной работы. Диссертация отвечает критериям, изложенным в п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (с изменениями и дополнениями).

Диссертационная работа «Разработка модели и методики оценки эффективности адаптивного выбора блокчейн-систем с учетом характеристик трафика в сетях связи» заслуживает положительной оценки, а ее автор – Помогалова Альбина Владимировна – присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.15 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций.

10.03.2025 г.

Официальный оппонент,

профессор кафедры «Информационных систем и технологий» ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный экономический университет»,

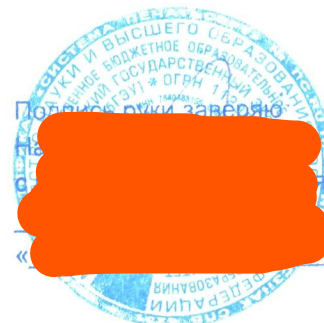
д.т.н., профессор



М.О. Колбанёв

Организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский государственный экономический университет" (СПбГЭУ). Сайт: <https://unecon.ru/>  
Адрес: Россия, 191023, г. Санкт-Петербург, наб. кан. Грибоедова, д. 30-32, лит. А.

Тел. +7 (812) 310-46-32. E-mail: [dept.ud@unecon.ru](mailto:dept.ud@unecon.ru)



по работе  
кадров

Е.С. Петрова

20 25 г.