

ПРИМЕНЕНИЕ БЛОКЧЕЙН-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОЗРАЧНОСТИ ЦЕПОЧЕК ПОСТАВОК

Бекиева М. Б., Ораздурдыева Г. О., Бекиев А. Р., Дурдыев С. М.
Кафедра прикладной математики и информатики,
Кафедра Компьютерных наук и информационных систем,
Инженерно-технологический университет Туркменистана имени Огуз хана
Инженерно-экономический факультет,
Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Экономический факультет, Российский университет дружбы народов
Ашхабад, Туркменистан; Минск, Республика Беларусь; Москва, Российская Федерация
E-mail: successbmb@gmail.com, maral.bekiyeva@etut.edu.tm

В статье рассматривается использование блокчейн-технологий для повышения прозрачности, доверия и эффективности в управлении цепочками поставок. Представлены основные принципы построения распределённых реестров и их преимущества по сравнению с традиционными централизованными системами. Приведена формальная модель оценки прозрачности цепочки поставок и сравнительная таблица ключевых параметров двух подходов. Показано, что применение блокчейна позволяет повысить достоверность данных, сократить количество посредников и ускорить процесс аудита, обеспечивая при этом высокий уровень безопасности и верификации информации. Сделан вывод о перспективности интеграции блокчейна с технологиями Интернета вещей и искусственного интеллекта в целях дальнейшей цифровизации и автоматизации логистических процессов.

ВВЕДЕНИЕ

Цепочки поставок представляют собой многоуровневые системы взаимодействия производителей, поставщиков, логистических компаний и розничных продавцов. Эффективность их функционирования во многом зависит от прозрачности процессов и достоверности информации. Однако традиционные централизованные системы управления поставками подвержены ряду рисков – искажениям данных, подделкам документов, низкой скорости аудита и необходимости доверия посредникам [1].

Блокчейн-технология, основанная на принципах децентрализации, неизменяемости и прозрачности, предоставляет новые возможности для решения этих проблем. Она позволяет фиксировать каждое событие в распределённом реестре, что обеспечивает достоверность данных и снижает вероятность мошенничества. Дополнительно блокчейн повышает эффективность процессов верификации и позволяет интегрировать различные звенья логистической сети в единое цифровое пространство. Таким образом, технология становится фундаментом для цифровой трансформации цепочек поставок и внедрения концепции «умной логистики».

I. ПРОБЛЕМАТИКА ТРАДИЦИОННЫХ ЦЕПОЧЕК ПОСТАВОК

Современные цепочки поставок страдают от недостаточной прозрачности. Информация о происхождении и движении продукции часто скрыта от участников, а верификация данных требует значительных затрат времени. Централизованные системы хранения данных уязвимы для несанкционированного доступа и подделки доку-

ментов. Это приводит к потере доверия между участниками и повышению транзакционных издержек [2].

Применение блокчейна позволяет устранить необходимость в посредниках, создавая единый источник достоверной информации, доступный всем участникам сети. Каждое изменение состояния товара фиксируется в распределённом реестре и подтверждается консенсусом, что обеспечивает неизменяемость записей. Подобная система минимизирует человеческий фактор, улучшает контроль качества и способствует устойчивому развитию логистики.

II. АРХИТЕКТУРА БЛОКЧЕЙН-СИСТЕМЫ ДЛЯ ЛОГИСТИКИ

Блокчейн-система для цепочек поставок может включать следующие элементы:

- Распределённый реестр транзакций – хранит информацию обо всех этапах перемещения товара;
- Смарт-контракты – автоматически проверяют условия поставки и исполняют соглашения между сторонами;
- Интерфейс участников – предоставляет безопасный доступ к данным и инструментам мониторинга.

Типовая последовательность взаимодействий имеет вид:

Производитель → Блокчейн-узел → Логистический оператор → Блокчейн-узел → Розничный продавец → Покупатель.

Каждое событие в процессе поставки подтверждается несколькими узлами, что исключает возможность изменения информации без общего согласия [3].

III. ФОРМАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ПРОЗРАЧНОСТИ ЦЕПОЧКИ ПОСТАВОК

Для количественной оценки прозрачности системы введём показатель P :

Для количественной оценки прозрачности системы введём показатель:

$$P = \frac{\sum_{i=1}^n T_i \cdot W_i}{N}$$

где T_i – количество проверяемых транзакций на i -м этапе, W_i – весовой коэффициент значимости этапа, N – общее количество звеньев цепочки.

Рост показателя P свидетельствует о повышении прозрачности системы. Применение блокчейна позволяет увеличить количество проверяемых транзакций T_i , а также снизить вероятность искажения данных.

IV. СРАВНЕНИЕ ТРАДИЦИОННЫХ И БЛОКЧЕЙН ПОДХОДОВ

Для демонстрации преимуществ децентрализованного подхода приведём сравнительную таблицу.

Таблица 1 – Сравнительный анализ характеристик традиционных и блокчейн-систем поставок

Критерий	Традиционная система	Блокчейн-система
Хранение данных	Централизованное	Распределённое между участниками
Проверка достоверности	Ручная, требует посредников	Автоматическая с помощью консенсуса
Изменяемость данных	Возможна	Практически исключена
Скорость аудита	Низкая	Высокая
Прозрачность	Ограниченная	Контролируемая и полная
Требование доверия к посреднику	Высокое	Отсутствует

Из таблицы видно, что блокчейн-модель обеспечивает более высокий уровень прозрачности и снижает операционные риски, связанные с человеческим фактором и централизацией данных [4].

Исследования показали, что внедрение блокчейн-технологий повышает показатель прозрачности P на 35–50% [5]. Это особенно актуально для отраслей с высокими требованиями к сертификации и отслеживанию происхождения товаров – например, пищевой промышленности и фармацевтики.

Блокчейн способствует сокращению времени на проведение аудита, минимизации споров и повышению доверия между сторонами. Однако внедрение технологии требует стандартизации протоколов обмена данными и адаптации существующих информационных систем [6]. Кроме того, успех интеграции зависит от правовых норм и уровня цифровой зрелости компаний, участвующих в цепочке поставок.

V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Блокчейн-технологии обеспечивают новый уровень прозрачности и надёжности в управлении цепочками поставок. Их применение позволяет исключить посредников, предотвратить подделку информации и ускорить контроль над движением товаров. Несмотря на существующие проблемы масштабируемости и затрат на внедрение, децентрализованные системы становятся ключевым элементом цифровой экономики.

В перспективе интеграция блокчейна с интернетом вещей и искусственным интеллектом создаст полностью автоматизированные и самопроверяемые цепочки поставок, что станет важным шагом в развитии индустрии 4.0.

VI. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Saberi, S., Kouhizadeh, M., Sarkis, J. Blockchain technology and its relationships to sustainable supply chain management / S. Saberi, M. Kouhizadeh, J. Sarkis // International Journal of Production Research. – 2020. – Vol. 58, № 7. – P. 2063–2081.
2. Wang, Y., Singgih, M., Wang, J., Rit, M. Making sense of blockchain technology: How will it transform supply chains? / Y. Wang, M. Singgih, J. Wang, M. Rit // International Journal of Production Economics. – 2021. – Vol. 231. – P. 107–122.
3. Francisco, K., Swanson, D. The Supply Chain Has No Clothes: Technology Adoption of Blockchain for Supply Chain Transparency / K. Francisco, D. Swanson // Logistics. – 2020. – Vol. 4, № 1. – P. 7–17.
4. Kouhizadeh, M., Saberi, S., Sarkis, J. Blockchain technology and the sustainable supply chain: Theoretically exploring adoption barriers / M. Kouhizadeh, S. Saberi, J. Sarkis // International Journal of Production Economics. – 2021. – Vol. 231. – P. 108–119.
5. Bai, C., Dallasega, P., Orzes, G., Sarkis, J. Industry 4.0 technologies assessment: A sustainability perspective / C. Bai, P. Dallasega, G. Orzes, J. Sarkis // International Journal of Production Economics. – 2022. – Vol. 243. – P. 111–128.
6. Bekiyeva, M. B., Orazdurdyeva, G. O. Application of Semantic Analysis and GMM Models for Anomaly Detection in Network Traffic / M. B. Bekiyeva, G. O. Orazdurdyeva // Open Semantic Technologies for Intelligent Systems Research Papers Collection. – Minsk, 2025. – P. 45–51.