

ФУНКЦІОНАЛЬНІ МОЖЛИВОСТІ БЛОКЧЕЙН-ПЛАТФОРМ У ТРАНСПОРТНІЙ ГАЛУЗІ: ОГЛЯД ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ

Дмитрієва О. І., д-р екон. наук, професор

Стогул К.М., здобувач вищої освіти

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Постановка проблеми. Сучасна транспортна галузь стикається з низкою викликів, пов'язаних із зростаючими обсягами перевезень, потребою в забезпеченні прозорості ланцюгів поставок, підвищенням вимог до безпеки даних та скороченням витрат. Традиційні методи управління логістикою та обробки даних часто виявляються неефективними в умовах глобалізації та діджиталізації. Це призводить до затримок, людських помилок, шахрайства та втрат у процесах транспортування. Одним із перспективних підходів до вирішення цих проблем є впровадження блокчейн-технологій, які здатні забезпечити високий рівень надійності, прозорості та захисту даних.

Блокчейн-технології пропонують децентралізовану архітектуру даних, яка дозволяє реєструвати та відслідковувати інформацію на всіх етапах транспортного процесу без ризику несанкціонованих змін чи втрати даних. Завдяки цьому транспортні компанії мають можливість забезпечувати прозорість ланцюгів поставок, автоматизувати виконання угод, а також мінімізувати ризики, пов'язані з шахрайством та людськими помилками. Однак для досягнення цих переваг критично важливим є використання відповідного програмного забезпечення для блокчейн-технологій, яке забезпечує функції створення та верифікації блоків, безпеку даних за допомогою криптографічних алгоритмів, а також зручний інтерфейс для взаємодії з користувачами.

Незважаючи на значний потенціал блокчейн-технологій, їх впровадження в транспортній галузі все ще стикається з рядом викликів. Питання швидкості та масштабованості блокчейну, високі енергетичні витрати, а також правові та регуляторні обмеження залишаються невирішеними. Крім того, відсутність чітких стандартів і протоколів для різних блокчейн-платформ ускладнює інтеграцію технології у великі логістичні системи.

Відтак, необхідно проводити поглиблене дослідження різних типів програмного забезпечення блокчейн-технологій, зокрема їх характеристик, функціональних можливостей та сфери застосування, щоб визначити найбільш ефективні рішення для транспортної галузі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У сучасній науковій літературі значна увага приділяється потенціалу блокчейн-технологій для трансформації різних галузей, зокрема й транспортної. Більшість досліджень підтверджують, що блокчейн здатний забезпечити прозорість, безпеку, автоматизацію процесів та оптимізацію витрат, що робить його надзвичайно привабливим для використання в логістиці та транспорті.

Одним із ключових напрямків досліджень є аналіз функціональних можливостей публічних і приватних блокчейн-платформ. Наприклад, роботи Бутеріна (2014) [3] про Ethereum детально розглядають можливості смарт-контрактів, які дозволяють автоматизувати операції та транзакції без залучення посередників. У роботах Linux Foundation (2020) [26] зосереджено увагу на приватній блокчейн-платформі Hyperledger Fabric, яка пропонує високий рівень контролю над даними, що особливо важливо для корпоративного застосування в логістиці.

Інші дослідники, такі як Маєрс і Тапскотт (2016) [12], наголошують на тому, що блокчейн здатний радикально змінити ланцюги поставок, забезпечуючи прозорість даних на кожному етапі транспортування товарів. Це є важливим аспектом для великих логістичних компаній, таких як Maersk [24], яка у співпраці з IBM створила платформу TradeLens. Дослідження та кейс-стаді TradeLens демонструють, як блокчейн може забезпечити прозорість і оперативність в обміні даними між усіма учасниками ланцюга поставок.

Також у фокусі наукових розвідок є питання забезпечення безпеки даних і зниження ризиків шахрайства. Зокрема, дослідження Guardtime [23] показують, що технологія Keyless Signature Infrastructure (KSI) може забезпечити незмінність і захист даних, що є критично важливим для логістичних систем. Крім того, роботи Everledger демонструють можливості блокчейн-рішень для верифікації походження товарів, таких як діаманти, забезпечуючи автентичність і захист від шахрайства.

Окремим напрямком досліджень є вплив блокчейн-технологій на екологічну відповідальність та стійкий розвиток. У публікаціях IBM (2020) [25] розглядається використання блокчейну для відстеження викидів CO₂, що дає змогу транспортним компаніям оптимізувати маршрути і скорочувати шкідливі викиди. Дослідження VeChain (2021) [27] показують, що прозорість ланцюгів поставок за допомогою блокчейну може сприяти відповідальному споживанню та зниженню втрат продуктів.

Таким чином, аналіз останніх досліджень і публікацій свідчить про великий потенціал блокчейн-технологій для вирішення актуальних проблем транспортної галузі. Однак, попри численні успішні кейс-стаді, існують обмеження, які потребують подальших досліджень. Це стосується питання масштабованості, високих витрат на енергію та інтеграції блокчейну з іншими технологіями, такими як IoT і штучний інтелект. У цьому контексті важливим є подальший розвиток та оптимізація програмного забезпечення для блокчейн-технологій, що дозволить повністю розкрити його потенціал у транспортній галузі.

Невирішені складові загальної проблеми. Незважаючи на великий потенціал блокчейн-технологій для оптимізації та покращення транспортних процесів, існує низка невирішених проблем, які стримують широкомасштабне впровадження цієї технології в транспортній галузі.

По-перше, питання масштабованості залишається одним із найбільш критичних. Більшість публічних блокчейн-платформ, таких як Bitcoin та Ethereum, мають обмежену пропускну здатність, що стає перешкодою для

обробки великої кількості транзакцій у реальному часі. У транспортній галузі, де щодня обробляється тисячі транзакцій, цей аспект є важливим для забезпечення ефективності й швидкості роботи.

По-друге, значні енергетичні витрати на підтримку роботи блокчейн-мереж викликають занепокоєння з огляду на екологічні наслідки. Процес майнінгу, необхідний для забезпечення безпеки та стабільності публічних блокчейн-систем, є надзвичайно енерговитратним. Для транспортної галузі, яка активно впроваджує екологічні ініціативи та прагне скоротити викиди, використання блокчейну може стати суперечливим питанням через значний вплив на навколишнє середовище[9].

Крім того, проблеми з правовим регулюванням і стандартизацією також перешкоджають ефективному впровадженню блокчейн-технологій у транспортній сфері. Відсутність єдиних стандартів для різних типів блокчейн-платформ ускладнює їх інтеграцію в існуючі логістичні системи. Правове середовище також залишається невизначеним: блокчейн-технології часто стикаються з нормативними обмеженнями, особливо щодо конфіденційності даних та захисту інформації. Це питання стає критично важливим у контексті корпоративної логістики, де важливі дані повинні бути не тільки прозорими, але й захищеними.

Не менш важливим є питання сумісності блокчейну з іншими передовими технологіями, такими як Інтернет речей (IoT) та штучний інтелект (AI). Хоча теоретично ці технології можуть взаємодіяти для створення інтегрованих логістичних рішень, на практиці їх інтеграція ускладнюється через різні технічні обмеження та відсутність відповідного програмного забезпечення, здатного забезпечити безшовну взаємодію між системами.

Ще однією невирішеною складовою є складність у впровадженні блокчейн-технологій для малих та середніх підприємств (МСП), які становлять значну частину транспортної галузі. Через високу вартість та складність налаштування і підтримки блокчейн-систем, невеликі компанії часто не мають можливості повністю інтегрувати цю технологію у свої операційні процеси.

Таким чином, для ефективного використання блокчейн-технологій у транспортній галузі необхідні подальші дослідження, спрямовані на вирішення цих проблем, зокрема питання масштабованості, енерговитрат, правового регулювання та сумісності з іншими технологіями.

Формулювання цілей статті. Метою цієї статті є всебічне дослідження та аналіз можливостей застосування блокчейн-технологій у транспортній галузі, а також визначення ключових функціональних характеристик і обмежень програмного забезпечення, яке забезпечує роботу блокчейну в логістичних процесах. Основний акцент зроблено на оцінці поточних досягнень у впровадженні блокчейн-рішень та вивченні викликів, з якими стикаються підприємства транспортної галузі під час інтеграції цієї технології.

У ході дослідження стаття ставить за мету виявити функціональні можливості та особливості блокчейн-програмного забезпечення у контексті його застосування в транспортній галузі, зокрема розкрити його потенціал щодо забезпечення прозорості, безпеки та автоматизації процесів. Крім того,

важливим є виявлення існуючих обмежень і проблем, пов'язаних із впровадженням блокчейн-технологій у логістиці, таких як масштабованість, енергетичні витрати, правові та нормативні аспекти.

Стаття також має на меті проаналізувати реальні кейси використання блокчейну в транспортному секторі для виявлення ефективних рішень і прикладів, що підвищують прозорість і автоматизацію логістичних процесів. На основі отриманих результатів передбачається сформулювати рекомендації, спрямовані на подальший розвиток і адаптацію блокчейн-технологій для транспортного сектору, вдосконалення програмного забезпечення, підвищення сумісності з іншими технологіями (такими як IoT і штучний інтелект) та покращення нормативно-правової бази для інтеграції блокчейну в транспортну галузь.

Виклад основного матеріалу дослідження. У сучасному світі стрімкий розвиток цифрових технологій істотно змінює традиційні підходи до управління та обробки інформації в різних галузях економіки. Однією з найбільш перспективних технологій, що активно застосовується для оптимізації процесів, є блокчейн. Спочатку блокчейн був розроблений для роботи з криптовалютами, проте з часом ця технологія стала знаходити застосування у різноманітних сферах, включаючи фінанси, охорону здоров'я, енергетику та, зокрема, транспортну галузь[19].

Блокчейн можна визначити як децентралізовану цифрову базу даних, що функціонує на основі розподіленої мережі. Унікальність блокчейну полягає в тому, що всі дані зберігаються у вигляді ланцюга блоків, кожен з яких містить інформацію про транзакції та є пов'язаним з попереднім. Ця структура гарантує цілісність даних, оскільки зміна одного блоку вимагає зміни всіх наступних, що унеможливорює несанкціоноване втручання. Крім того, блокчейн використовує криптографічні методи захисту, що забезпечує високий рівень безпеки і конфіденційності даних. Дані, записані в блокчейні, стають незмінними, що гарантує прозорість усіх операцій.

У транспортній галузі блокчейн відкриває значні можливості для удосконалення ланцюгів поставок, забезпечення прозорості, автоматизації транзакцій та підвищення ефективності управління логістичними процесами. Традиційні ланцюги поставок часто мають низку недоліків, серед яких відсутність єдиної інформаційної системи, складність у відстеженні товарів, висока ймовірність людських помилок та шахрайства. Впровадження блокчейну дозволяє значно зменшити ці ризики, забезпечуючи кожному учаснику ланцюга поставок доступ до єдиної версії даних у режимі реального часу.

Одним із найважливіших аспектів блокчейн-технології є децентралізація. На відміну від традиційних централізованих систем, де інформація зберігається на одному сервері, блокчейн розподіляє дані між численними учасниками мережі (вузлами).

Це дозволяє забезпечити надійність даних, оскільки кожен учасник має копію всієї бази, і будь-які зміни повинні бути узгоджені більшістю вузлів. Така структура особливо корисна для транспорту, де велика кількість учасників

повинна спільно працювати над забезпеченням прозорості та відстеженням руху товарів.

Ще одним важливим елементом є смарт-контракти – автоматизовані контракти, що виконуються без участі посередників. Смарт-контракти дозволяють здійснювати автоматичні транзакції та угоди, що знижує потребу в ручній обробці даних і мінімізує ризик помилок. У транспортній галузі це відкриває можливості для автоматизації таких процесів, як оформлення документації, узгодження умов доставки та оплати, що значно зменшує затрати часу та ресурсів.

Впровадження блокчейн-технологій у транспорті також сприяє підвищенню безпеки даних. Використання криптографічних алгоритмів забезпечує захист інформації від несанкціонованого доступу і фальсифікації. Це особливо важливо у міжнародній логістиці, де конфіденційність і цілісність даних мають вирішальне значення для забезпечення надійності ланцюга поставок.

Окрім прозорості та безпеки, блокчейн дозволяє значно оптимізувати логістичні процеси завдяки спрощенню обміну інформацією між усіма учасниками. Платформи на основі блокчейну, такі як TradeLens від IBM і Maersk, уже демонструють успішне використання цієї технології в логістиці. Вони дозволяють відстежувати товари на кожному етапі транспортування, починаючи від виробника і закінчуючи кінцевим споживачем, що мінімізує затримки і покращує управління запасами [18].

Отже, блокчейн-технології мають значний потенціал для підвищення ефективності, прозорості та безпеки у транспортній галузі. Вони сприяють розвитку нових підходів до управління ланцюгами поставок, знижують ймовірність шахрайства та полегшують процеси документообігу. Подальше дослідження та впровадження блокчейну у транспортній сфері дозволить вирішити низку актуальних проблем і зробити логістичні процеси більш ефективними, захищеними та екологічно відповідальними.

Блокчейн-технологія в транспортній галузі базується на кількох ключових складових, які забезпечують її надійність, безпеку та ефективність. Щоб краще зрозуміти, як блокчейн функціонує і які елементи відіграють вирішальну роль, розглянемо схему, що наочно демонструє основні компоненти цієї технології. Кожен елемент виконує свою специфічну функцію, яка разом з іншими створює цілісну систему децентралізованої бази даних, здатної забезпечити прозорість та захист даних у логістичних і транспортних процесах.

Схема відображає основні елементи блокчейн-технології, такі як децентралізація, консенсус, транзакції та блоки. Децентралізація дозволяє розподілити дані без необхідності в централізованому контролі, що забезпечує безпеку та довіру між учасниками. Механізм консенсусу, зокрема типи, такі як доказ роботи та доказ частки, гарантує узгодженість даних у мережі та захист від шахрайства.



Рис. 1. Основні складові блокчейн-технології для транспортної галузі
Джерело: розроблено автором

Транзакції представляють цифровий обмін між сторонами, зберігаючи властивості незмінності, безпеки та перевірюваності. Блоки складаються з груп транзакцій і містять унікальні особливості, такі як часова мітка та хеш попереднього блоку, що забезпечує цілісність ланцюга блоків.

Розглянута схема дозволяє чітко зрозуміти, як працює блокчейн та які елементи є ключовими для його функціонування. Децентралізована природа блокчейну та його механізм консенсусу дозволяють забезпечити надійність і безпеку даних навіть у складних логістичних процесах. Завдяки своїй структурі, що включає блоки, транзакції та хеші, блокчейн гарантує незмінність і перевірюваність інформації, що робить його ідеальним інструментом для транспортної галузі. Впровадження цієї технології здатне значно підвищити прозорість і ефективність управління ланцюгами поставок, знижуючи ризики помилок і шахрайства.

Блокчейн-програмне забезпечення, яке використовується в транспортній галузі, виконує широкий спектр функцій, спрямованих на забезпечення безпеки, прозорості та ефективності логістичних процесів. Це програмне забезпечення включає кілька основних функцій, які дозволяють оптимізувати управління даними, автоматизувати транзакції, підвищувати рівень безпеки і

знижувати ризики помилок та шахрайства. В цьому розділі розглянемо основні функціональні можливості блокчейн-програмного забезпечення, що використовуються в транспортній галузі, та їх вплив на ефективність логістичних операцій [21].

Процес створення та верифікації блоків є фундаментом роботи блокчейн-технології. Кожен блок у ланцюгу містить записи про транзакції та іншу важливу інформацію. Після того як новий блок створено, його верифікується і додають до ланцюга попередніх блоків. Це дозволяє забезпечити послідовність та цілісність даних, оскільки кожен блок має унікальний хеш-код, який генерується на основі його вмісту та хешу попереднього блоку. У транспортній галузі це означає, що вся історія операцій (наприклад, відправлення вантажу, його переміщення та доставка) зберігається у незмінному вигляді, що дозволяє відслідковувати кожен етап транспортування.

Процес верифікації блоків здійснюється за допомогою механізму консенсусу, такого як доказ роботи (Proof of Work) або доказ частки (Proof of Stake), які забезпечують узгодженість даних у мережі та захист від шахрайства. Наприклад, у разі порушення даних у певному блоці, зміни повинні бути підтверджені більшістю учасників мережі, що значно ускладнює можливість фальсифікації інформації. Для транспортних компаній це гарантує, що дані про ланцюг поставок залишатимуться незмінними, і всі учасники зможуть мати доступ до достовірної інформації про рух товарів.

Безпека даних є однією з головних вимог у транспортній галузі, особливо у випадку з міжнародними перевезеннями, де конфіденційність та захист від втручання мають вирішальне значення. Блокчейн-програмне забезпечення використовує різні криптографічні алгоритми, щоб забезпечити захист даних від несанкціонованого доступу. Кожна транзакція шифрується та захищається за допомогою унікального цифрового підпису, що гарантує, що дані не можуть бути змінені або видалені без відома мережі.

Криптографічні алгоритми, такі як хешування та цифрові підписи, забезпечують надійність та цілісність даних у ланцюгу блоків. Наприклад, алгоритм хешування перетворює інформацію на унікальний код, і навіть незначна зміна у вихідних даних змінює хеш-код, що дозволяє миттєво виявити будь-які спроби фальсифікації. У транспортній галузі це гарантує, що інформація про транзакції, маршрути, умови доставки та інші важливі дані залишатимуться захищеними від сторонніх втручань. Це особливо важливо для збереження конфіденційної інформації про клієнтів і партнерів.

Управління транзакціями є однією з ключових функцій блокчейн-програмного забезпечення, яка дозволяє ефективно реєструвати, перевіряти та зберігати всі операції, що здійснюються в логістичних процесах. Транзакції в блокчейні є незмінними, тобто їх неможливо видалити або змінити, що дозволяє зберегти повну історію операцій. У контексті транспортної галузі це означає, що кожен етап транспортування товарів можна відстежувати, і кожен учасник ланцюга поставок має доступ до актуальної інформації.

Блокчейн дозволяє миттєво підтверджувати транзакції, що значно зменшує час на обробку операцій і підвищує ефективність логістичних

процесів. Наприклад, завдяки блокчейну можна відстежувати, коли вантаж було відправлено, перевантажено на інший транспортний засіб або доставлено кінцевому споживачу, зберігаючи дані про ці події у незмінному вигляді. Це знижує ймовірність помилок, зумовлених людським фактором, і забезпечує прозорість усіх логістичних операцій.

Однією з найбільш інноваційних функцій блокчейн-програмного забезпечення є смарт-контракти – автоматизовані контракти, що виконуються без участі посередників та додаткових адміністративних витрат. Смарт-контракти дозволяють програмувати умови, які автоматично активуються при виконанні певних умов. Це особливо корисно в транспортній галузі, де угоди між учасниками ланцюга поставок можуть бути складними і вимагати численних перевірок.

У логістиці смарт-контракти можуть використовуватися для автоматизації таких процесів, як оплата за доставку, перевірка умов транспортування та оформлення документації. Наприклад, смарт-контракт може автоматично перерахувати оплату постачальнику після того, як вантаж буде доставлений до кінцевого пункту призначення і підтверджений у системі. Це дозволяє значно прискорити операції, знизити витрати та мінімізувати можливість конфліктів між сторонами, оскільки умови виконання угод чітко визначені в коді смарт-контракту і не можуть бути змінені після його запуску.

Загалом, функціональні можливості блокчейн-програмного забезпечення надають транспортній галузі унікальні інструменти для підвищення ефективності, безпеки та прозорості логістичних процесів. Створення та верифікація блоків забезпечують незмінність і цілісність даних у ланцюгу поставок. Використання криптографічних алгоритмів гарантує захист інформації від несанкціонованого доступу, а управління транзакціями дозволяє відстежувати кожен етап доставки товарів у режимі реального часу. Смарт-контракти, в свою чергу, відкривають можливості для автоматизації багатьох процесів, що сприяє значному зниженню витрат і підвищенню швидкості виконання угод.

Для наочного розуміння функціональних можливостей блокчейн-програмного забезпечення в транспортній галузі, доцільно розглянути їх у форматі таблиці. Таблиця нижче містить опис основних функцій блокчейн-програмного забезпечення, значення кожної функції для забезпечення ефективності логістичних процесів, а також приклади застосування цих функцій у транспортній галузі. Такий підхід дозволяє чітко виділити, як кожна функція сприяє підвищенню прозорості, безпеки та ефективності в управлінні ланцюгами поставок.

Опис функцій блокчейн-програмного забезпечення, їх значення та приклади застосування в транспортній галузі

Функція	Опис функції	Значення для транспортної галузі	Приклади застосування
Створення і верифікація блоків	Формування блоків даних і їх верифікація за допомогою механізмів консенсусу	Забезпечення цілісності даних, зниження ризику шахрайства	Відстеження історії поставок, валідації даних
Безпека через криптографію	Захист даних за допомогою хешування та цифрових підписів	Гарантія захисту даних від несанкціонованого доступу	Захист конфіденційної інформації
Управління транзакціями	Реєстрація та зберігання всіх транзакцій у незмінному вигляді	Прозорість процесів, можливість відстеження кожного етапу транспортування	Реєстрація кожного етапу перевезення
Смарт-контракти	Автоматизовані контракти, що виконуються при досягненні умов угоди	Зниження витрат на адміністративні процеси, прискорення угод	Автоматична оплата по завершенню доставки

Джерело: сформовано авторами

На основі таблиці можна зробити висновок, що кожна функція блокчейн-програмного забезпечення сприяє значним покращенням у транспортній галузі, відповідаючи на основні виклики, з якими стикається логістика сьогодні. Створення і верифікація блоків забезпечують надійну цілісність даних, яка є критично важливою для відстеження ланцюгів поставок і забезпечення довіри між партнерами. Безпека даних, реалізована через криптографічні алгоритми, гарантує конфіденційність та захист від шахрайства, що є важливим для збереження критичної інформації у міжнародній логістиці.

Управління транзакціями дозволяє відстежувати кожний етап транспортування товарів, що сприяє прозорості процесів і дає можливість швидко виявляти та реагувати на можливі проблеми. Смарт-контракти забезпечують автоматизацію багатьох рутинних операцій, що знижує затрати на адміністративні процеси, прискорює виконання угод та зменшує ймовірність людських помилок.

Загалом, блокчейн-програмне забезпечення відкриває перед

транспортною галуззю нові можливості для підвищення ефективності, прозорості та безпеки. Його функції дозволяють вирішити низку проблем, пов'язаних з управлінням даними та автоматизацією процесів, роблячи блокчейн ідеальним інструментом для сучасних логістичних операцій[14].

У сучасному середовищі цифрових технологій блокчейн-інфраструктура є надзвичайно різноманітною, і різні типи блокчейн-платформ мають свої унікальні властивості та особливості. Розглянемо три основні типи блокчейн-платформ: публічні, приватні та консорціумні, які відрізняються за своїми характеристиками, принципами роботи та сферою застосування. Метою цього порівняння є визначення переваг та обмежень кожного типу блокчейну з точки зору його застосування у транспортній галузі, особливо щодо забезпечення прозорості, безпеки, швидкості та конфіденційності даних[8].

Публічні блокчейни є повністю децентралізованими мережами, доступними для будь-якого учасника. Кожен вузол у мережі може брати участь у валідації транзакцій, додавати нові блоки та отримувати доступ до всіх даних у ланцюгу блоків. Прикладами публічних блокчейнів є Bitcoin та Ethereum. Основною перевагою публічних блокчейнів є висока прозорість та безпека, оскільки всі дані відкриті для загального доступу, і кожен учасник може перевірити історію транзакцій. Це сприяє підвищенню довіри між учасниками і робить публічні блокчейни привабливими для відстеження ланцюгів поставок у транспортній галузі.

Однак, публічні блокчейни мають і свої обмеження. По-перше, вони мають низьку продуктивність через механізми консенсусу, такі як Proof of Work (доказ роботи), які потребують значних обчислювальних ресурсів і знижують швидкість обробки транзакцій. Це може бути проблемою для транспортних компаній, які обробляють великі обсяги даних у реальному часі. Крім того, високі енергетичні витрати на підтримку публічних блокчейнів роблять їх менш екологічно стійкими, що суперечить багатьом екологічним ініціативам у транспорті[11].

Приватні блокчейни працюють у замкненому середовищі і доступні лише для визначеного кола учасників. Цей тип блокчейну керується однією організацією, що дозволяє встановлювати обмеження на доступ до інформації та використовувати більш ефективні механізми консенсусу, такі як Proof of Authority або інші спрощені алгоритми, які значно прискорюють обробку транзакцій. Прикладом приватного блокчейну є Hyperledger Fabric.

Однією з основних переваг приватних блокчейнів є висока швидкість і ефективність, що робить їх привабливими для використання в корпоративних логістичних мережах, де потрібен швидкий доступ до даних і захист конфіденційності. Оскільки приватні блокчейни працюють у закритому середовищі, компанії можуть контролювати, хто має доступ до мережі, що дозволяє забезпечити високий рівень захисту конфіденційної інформації, важливої для збереження комерційної таємниці[9].

Недоліком приватних блокчейнів є нижчий рівень прозорості порівняно з публічними блокчейнами, оскільки доступ до даних обмежений. Крім того, через централізований контроль над мережею можуть виникати ризики

шахрайства або маніпулювання даними з боку адміністратора, що може підірвати довіру з боку зовнішніх партнерів. Проте для внутрішніх корпоративних систем приватні блокчейни залишаються ефективним і надійним рішенням.

Консорціумні блокчейни є проміжною формою між публічними та приватними блокчейнами. У консорціумному блокчейні кілька організацій об'єднуються для спільного управління мережею, що забезпечує певну децентралізацію, зберігаючи при цьому високий рівень контролю над даними. Прикладом консорціумного блокчейну є платформа TradeLens, розроблена Maersk та IBM. TradeLens об'єднує різних учасників ланцюга поставок (виробників, транспортні компанії, митні органи) на єдиній платформі, забезпечуючи доступ до актуальної інформації для кожного з них.

Основною перевагою консорціумних блокчейнів є їх здатність забезпечувати прозорість і доступ до даних для визначеного кола учасників, що підвищує ефективність співпраці між різними компаніями. Вони також мають вищу продуктивність, ніж публічні блокчейни, завдяки використанню ефективних механізмів консенсусу та обмеженому доступу до мережі. Консорціумні блокчейни підходять для галузей, де потрібна взаємодія між кількома організаціями, але при цьому зберігається конфіденційність даних.

Недоліком консорціумних блокчейнів є обмежена децентралізація, оскільки управління мережею залишається у руках визначеної групи організацій. Це може створювати певні ризики для довіри серед учасників, а також залежність від ключових організацій, які керують мережею. Проте для міжкорпоративної співпраці, як у випадку з TradeLens, консорціумні блокчейни надають оптимальне поєднання прозорості, контролю та продуктивності.

Таблиця 2

Порівняння типів блокчейн-платформ для використання у транспортній галузі

Тип блокчейну	Характеристики	Переваги	Недоліки	Приклад застосування
Публічний	Відкритий доступ для всіх, децентралізований	Прозорість, безпека, довіра	Низька швидкість, висока енергозатратність	Відстеження поставок
Приватний	Доступ лише для визначеного кола учасників	Висока швидкість, конфіденційність, централізований контроль	Обмежена прозорість, ризик централізованого контролю	Корпоративні логістичні мережі
Консорціумний	Управління групою організацій, обмежений доступ	Прозорість для визначеного кола учасників, висока продуктивність	Обмежена децентралізація, залежність від учасників	TradeLens, міжкорпоративні процеси

Джерело: сформовано авторами

На основі аналізу різних типів блокчейн-платформ можна зробити висновок, що кожен з них має свої унікальні особливості та може бути

використаний для різних цілей у транспортній галузі. Публічні блокчейни ідеально підходять для застосувань, де потрібна максимальна прозорість та довіра, наприклад, для відстеження поставок. Приватні блокчейни забезпечують високу швидкість і конфіденційність, що робить їх оптимальними для внутрішніх корпоративних систем і захисту конфіденційних даних. Консорціумні блокчейни, зокрема такі платформи як TradeLens, об'єднують переваги обох підходів, забезпечуючи баланс між прозорістю та контролем, що є оптимальним для міжкорпоративної співпраці в логістиці.

Загалом, вибір типу блокчейн-платформи для транспортної галузі залежить від конкретних потреб компанії або галузі: вимог до прозорості, рівня контролю над даними, швидкості обробки транзакцій та вимог до конфіденційності. Впровадження правильного типу блокчейну може значно підвищити ефективність логістичних процесів, забезпечити надійний захист даних та покращити взаємодію між учасниками ланцюга поставок.

Безпека даних та запобігання шахрайству є критично важливими аспектами для транспортної галузі, особливо у контексті міжнародної логістики, де конфіденційність та захист даних мають вирішальне значення. Блокчейн-технології забезпечують безпечне середовище для зберігання та передачі даних завдяки децентралізації, застосуванню криптографії та використанню смарт-контрактів. У цьому розділі розглянемо, як блокчейн допомагає підвищити безпеку логістичних систем, знизити ризики шахрайства та забезпечити надійний захист даних у транспортній галузі.

Однією з найважливіших функцій блокчейну є застосування криптографічних алгоритмів для забезпечення цілісності та безпеки даних. Криптографія використовується для шифрування транзакцій та захисту інформації від несанкціонованого доступу. Кожна транзакція в блокчейні зашифрована та має унікальний цифровий підпис, який генерується на основі хеш-функції. Це означає, що будь-яка зміна у вмісті транзакції змінює хеш-код, роблячи неможливим приховати факт підробки даних.

Крім того, кожен блок у блокчейні має хеш попереднього блоку, що створює незмінний ланцюг транзакцій. Будь-яка спроба змінити дані в одному блоці призведе до необхідності зміни хеш-кодів у всіх наступних блоках, що є практично неможливим без згоди більшості учасників мережі. Це забезпечує високий рівень безпеки даних і робить блокчейн надійним інструментом для захисту логістичних даних від фальсифікації та несанкціонованого доступу.

Блокчейн-платформи дозволяють зберігати історію всіх транзакцій у незмінному вигляді, що є ключовим фактором для запобігання фальсифікації. У транспортній галузі це означає, що кожен етап транспортування товарів можна відстежувати, а всі дані про вантаж, включаючи час і місце відправлення, умови транспортування та момент доставки, фіксуються у блокчейні. Це дає можливість учасникам ланцюга поставок мати повний доступ до історії руху товару, що значно знижує ризики шахрайства та підвищує прозорість операцій.

Блокчейн також підтримує реалізацію смарт-контрактів, які дозволяють автоматизувати умови угод між учасниками та забезпечити виконання умов без необхідності посередників. Смарт-контракти можуть автоматично виконувати

певні операції, такі як оплата або підтвердження доставки, коли виконані відповідні умови. Це дозволяє уникнути шахрайства, оскільки умови угод чітко прописані в коді та не можуть бути змінені після запуску контракту.

Компанія Guardtime, що спеціалізується на кібербезпеці, розробила систему Keyless Signature Infrastructure (KSI), яка використовує блокчейн для забезпечення цілісності даних і захисту від шахрайства у логістичних процесах. KSI не використовує традиційні криптографічні ключі для забезпечення безпеки, а натомість покладається на хешування і структуру блокчейну, що робить систему стійкою до зломів.

Guardtime успішно застосувала свою технологію у співпраці з декількома великими логістичними компаніями, допомагаючи їм забезпечити захист даних від підробок і несанкціонованого доступу. Наприклад, KSI дозволяє компаніям у режимі реального часу перевіряти цілісність даних про товари під час їх транспортування, що допомагає швидко ідентифікувати будь-які спроби фальсифікації даних. Це особливо важливо для захисту даних у ланцюзі поставок і забезпечення їх незмінності та достовірності.

Таблиця 3

Огляд заходів безпеки для зниження ризиків шахрайства в транспорті

Захід безпеки	Опис	Призначення	Приклади застосування
Криптографія	Шифрування даних, використання хешування та цифрових підписів	Захист даних від несанкціонованого доступу	Захист інформації про вантажі
Децентралізація	Розподіл даних між усіма учасниками мережі	Виключення центрального контролю, зниження ризику втручання	Розподілене зберігання даних про ланцюги поставок
Смарт-контракти	Автоматичне виконання умов угод на основі заздалегідь визначених умов	Зниження ризиків шахрайства, прискорення угод	Автоматична оплата за доставку
Незмінність записів	Дані не можуть бути змінені або видалені після запису в блокчейн	Підвищення довіри до даних, виключення можливості фальсифікації	Збереження історії руху товарів
Аудит і контроль	Перевірка всіх транзакцій та записів	Виявлення потенційних порушень і спроб шахрайства	Контроль за ланцюгами поставок

Джерело: створено авторами

Роль блокчейн-технологій у підвищенні безпеки даних та зниженні ризиків шахрайства є надзвичайно важливою для транспортної галузі. Застосування криптографії дозволяє забезпечити конфіденційність даних і захист від

несанкціонованого доступу, а також гарантує цілісність інформації, що передається.

Децентралізація даних усуває потребу у центральному контролі, підвищуючи надійність зберігання інформації та забезпечуючи довіру серед учасників ланцюга поставок. Смарт-контракти автоматизують угоди та дозволяють виключити людський фактор, що знижує ризик шахрайства та підвищує ефективність операцій.

Крім того, кейс-стаді використання технології Guardtime для захисту логістичних даних демонструє реальні переваги блокчейну для забезпечення безпеки в логістиці. Технологія KSI дозволяє запобігти підробці даних і швидко виявляти будь-які спроби фальсифікації, що є особливо важливим для збереження довіри між партнерами.

Загалом, блокчейн-технології відкривають нові можливості для підвищення безпеки даних у транспортній галузі, роблячи процеси більш прозорими, захищеними та ефективними. Використання блокчейну для захисту логістичних даних є важливим кроком на шляху до створення безпечної та надійної системи управління ланцюгами поставок.

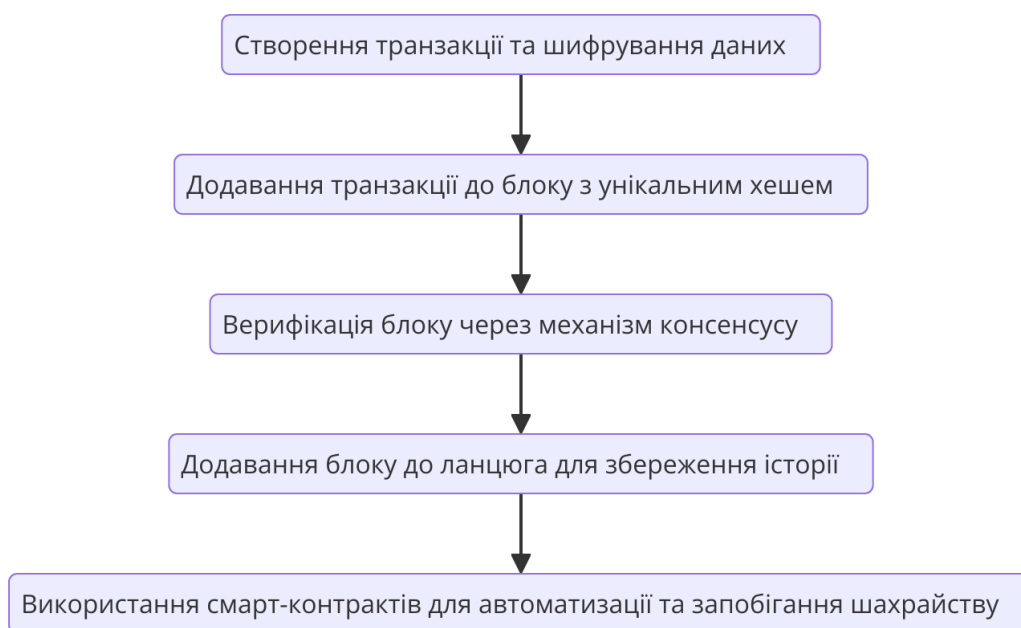


Рис. 2 - Захист даних у логістичній системі на блокчейні

Джерело: розроблено автором

Діаграма, що відображає основні заходи безпеки блокчейн-технологій для захисту даних і зниження ризиків шахрайства, наочно демонструє, як різні компоненти блокчейну взаємодіють для забезпечення цілісності та конфіденційності інформації у транспортній галузі. Використання криптографії, децентралізації, смарт-контрактів та незмінності записів забезпечує надійний захист даних на кожному етапі логістичного процесу, що робить блокчейн ефективним інструментом для запобігання фальсифікації та підвищення прозорості.

Завдяки децентралізації та прозорості блокчейну кожен учасник ланцюга поставок має доступ до єдиної версії даних, що підвищує довіру та зменшує можливості для шахрайства. Смарт-контракти, автоматизуючи угоди та виконання умов, дозволяють мінімізувати людський фактор та виключити можливість маніпуляцій. Усі ці заходи створюють надійну систему для захисту інформації та забезпечення стабільності логістичних операцій.

Таким чином, блокчейн-технології стають важливим інструментом для підвищення безпеки даних у транспортній галузі, знижуючи ризики шахрайства і роблячи логістичні процеси прозорішими та ефективнішими.

Висновки з проведеного дослідження. У результаті проведеного дослідження було встановлено, що блокчейн-технології мають великий потенціал для трансформації транспортної галузі, зокрема в питаннях підвищення безпеки, прозорості та ефективності управління логістичними процесами. Завдяки своїм основним характеристикам, таким як децентралізація, незмінність записів, використання криптографії та автоматизація через смарт-контракти, блокчейн може вирішити низку актуальних проблем, з якими стикається сучасна логістика.

По-перше, блокчейн забезпечує високий рівень безпеки даних. Використання криптографічних алгоритмів та механізмів консенсусу гарантує цілісність і захищеність інформації від несанкціонованого доступу. Це особливо важливо для міжнародних логістичних операцій, де питання конфіденційності та безпеки є критичними. Крім того, децентралізація даних забезпечує надійність зберігання та захист від зовнішніх втручань.

По-друге, блокчейн-технології дозволяють значно знизити ризики шахрайства завдяки незмінності записів та можливості відстеження кожного етапу ланцюга поставок. Кожна транзакція зберігається у блокчейні у незмінному вигляді, що забезпечує прозорість усіх операцій. Це дозволяє швидко виявляти та усувати можливі порушення, підвищуючи рівень довіри між учасниками ланцюга поставок.

По-третє, смарт-контракти, що автоматизують виконання умов угод, дозволяють підвищити ефективність логістичних процесів, знижуючи потребу у посередниках та прискорюючи операції. Це відкриває можливості для автоматизації багатьох рутинних процесів у транспортній галузі, таких як оплата, відстеження вантажів і оформлення документів, що знижує витрати та підвищує швидкість виконання угод.

Проведений аналіз також показав, що різні типи блокчейн-платформ (публічні, приватні та консорціумні) мають свої особливості та можуть бути оптимально використані в залежності від конкретних потреб транспортної галузі. Публічні блокчейни забезпечують максимальну прозорість, приватні – високу швидкість і конфіденційність, тоді як консорціумні платформи є компромісом між прозорістю та контролем і підходять для міжкорпоративної співпраці.

На основі проведеного дослідження можна зробити висновок, що блокчейн має потенціал для значного вдосконалення транспортної галузі. Однак, для повноцінного впровадження блокчейн-технологій необхідно вирішити ряд

викликів, зокрема, питання масштабованості, високих енергетичних витрат та нормативно-правового регулювання. Вирішення цих проблем дозволить максимально реалізувати потенціал блокчейн-технологій у транспортній галузі та сприятиме створенню надійних, ефективних та екологічно відповідальних логістичних систем.

Перелік посилань

1. Андрієнко О.В., Мартиненко Ю.П. Інноваційні рішення для оптимізації логістичних процесів на основі блокчейну. *Вісник економіки та управління*. 2021. № 7. С. 20–33.
2. Беляєв О.М., Ковальчук В.В. Використання блокчейн-технологій у транспортній логістиці. *Вісник економічних досліджень*. 2021. № 8. С. 32–47.
3. Бутерін В. Ethereum: розробка та застосування смарт-контрактів. Дослідження децентралізованих технологій. 2014.
4. Бутко А.В., Савицький Є.М. Вплив блокчейн-технологій на безпеку логістичних даних. *Журнал логістики та управління ланцюгами поставок*. 2021. № 3. С. 43–57.
5. Гаврилук Н.С., Коваль С.О. Використання смарт-контрактів у транспортній логістиці: огляд та перспективи. *Транспорт і технології*. 2020. № 3. С. 45–58.
6. Захаренко М.М., Печерський О.В. Криптографічний захист даних у блокчейн-системах: підходи та методи. *Журнал інформаційної безпеки*. 2022. № 2. С. 22–37.
7. Іваненко П.П., Гуменюк І.О. Блокчейн та безпека даних: перспективи для логістичної галузі. *Збірник наукових праць НАН України*. 2019. № 5. С. 12–24.
8. Іщенко О.В., Паламарчук А.О. Децентралізовані платформи для управління ланцюгами поставок. *Журнал економічних досліджень*. 2022. № 5. С. 12–26.
9. Карпенко Т.В. Приватні блокчейн-платформи в корпоративній логістиці. *Журнал сучасних технологій*. 2020. № 3. С. 54–63.
10. Коваленко А.А., Смірнова Л.М. Впровадження смарт-контрактів у транспортній логістиці. *Економіка та управління*. 2022. № 7. С. 70–85.
11. Литвиненко О.О., Сергієнко Н.М. Публічні блокчейни: можливості та обмеження для міжнародної логістики. *Міжнародний журнал економіки*. 2021. № 6. С. 38–50.
12. Маєрс А., Тапскотт Д. Блокчейн-революція: Прозорість та ефективність ланцюгів поставок. *Технології майбутнього*. 2016.
13. Мельник І.В. Прозорість і автоматизація логістичних процесів завдяки блокчейн-технологіям. *Економічний вісник України*. 2020. № 4. С. 25–34.
14. Петров О.М. Консорціумні блокчейни для міжкорпоративної співпраці в логістиці. *Логістика та управління ланцюгами поставок*. 2019. № 2. С. 65–79.

15. Савченко Ю.В., Нікітенко О.П. Використання криптографії в блокчейн-системах для захисту даних у транспортній галузі. *Технології захисту інформації*. 2021. № 10. С. 18–29.
16. Сидоренко П.Г., Чорнобай В.М. TradeLens як приклад консорціумної платформи для глобальної логістики. *Журнал транспортних технологій*. 2022. № 5. С. 40–53.
17. Смирнов І.А., Кравченко Л.В. Роль блокчейн-технологій у підвищенні прозорості ланцюгів поставок. *Науковий вісник транспорту і логістики*. 2019. № 11. С. 34–46.
18. Тимошенко Р.В., Бондаренко Л.М. Порівняльний аналіз блокчейн-платформ для застосування в логістиці. *Економіка та управління підприємством*. 2021. № 6. С. 50–62.
19. Чорний М.В., Голубенко Т.І. Ефективність блокчейн-платформ для автоматизації транспортних процесів. *Вісник прикладних досліджень*. 2019. № 10. С. 61–74.
20. Шевченко Д.М. Переваги та недоліки використання блокчейн-технологій у ланцюгах поставок. *Науковий вісник логістики*. 2020. № 9. С. 15–28.
21. Яковенко Д.С., Серeda А.О. Перспективи використання блокчейну для захисту даних у міжнародній логістиці. *Міжнародний економічний журнал*. 2020. № 8. С. 28–41.
22. Everledger. Блокчейн-рішення для верифікації походження товарів. *Інноваційні технології захисту*. 2020.
23. Guardtime. Keyless Signature Infrastructure (KSI) для захисту логістичних даних: досвід впровадження. *Журнал кібербезпеки та інформаційних технологій*. 2021.
24. IBM, Maersk. Платформа TradeLens: Прозорість та оперативність у логістичних процесах. *Журнал логістики та інновацій*. 2020.
25. IBM. Використання блокчейн для відстеження викидів CO₂: перспективи екологічної відповідальності. *Збірник публікацій IBM*. 2020.
26. Linux Foundation. Hyperledger Fabric: Приватна блокчейн-платформа для корпоративного використання. *Збірник наукових праць Linux Foundation*. 2020.
27. VeChain. Прозорість ланцюгів поставок та стійкий розвиток у логістиці. *Міжнародний журнал екологічної економіки*. 2021

References

1. Andriienko, O.V., Martynenko, Yu.P. (2021), Innovative Solutions for Optimizing Logistics Processes Based on Blockchain [Innovatsiini rishennia dlia optymizatsii lohistrychnykh protsesiv na osnovi blokcheinu], *Visnyk Ekonomiky ta Upravlinnia*, No. 7, P. 20–33.
2. Bielliiev, O.M., Kovalchuk, V.V. (2021), The Use of Blockchain Technologies in Transport Logistics [Vykorystannia blokchein-tekhnohohii u transportnii lohistrytsi], *Visnyk Ekonomichnykh Doslidzhen*, No. 8, P. 32–47.

3. Buterin, V. (2014), Ethereum: Development and Application of Smart Contracts [*Doslidzhennia Detsentralizovanykh Tekhnolohii*].
4. Butko, A.V., Savitskyi, Ye.M. (2021), The Impact of Blockchain Technologies on Data Security in Logistics [Vplyv blokchein-tekhnolohii na bezpeku lohistychnykh danykh], *Zhurnal Lohistyky ta Upravlinnia Lantsiuhamy Postavok*, No. 3, P. 43–57.
5. Havryliuk, N.S., Koval, S.O. (2020), The Use of Smart Contracts in Transport Logistics: Overview and Prospects [Vykorystannia smart-kontraktiv u transportnii lohistytsi: ohliad ta perspektyvy], *Transport i Tekhnolohii*, No. 3, P. 45–58.
6. Zakarenko, M.M., Pecherskyi, O.V. (2022), Cryptographic Data Protection in Blockchain Systems: Approaches and Methods [Kryptohrafichniy zakhyst danykh u blokchein-systemakh: pidkhody ta metody], *Zhurnal Informatsiinoi Bezpeky*, No. 2, P. 22–37.
7. Ivanenko, P.P., Humeniuk, I.O. (2019), Blockchain and Data Security: Prospects for the Logistics Industry [Blokchein ta bezpeka danykh: perspektyvy dlia lohistychnoi haluzi], *Zbirnyk Naukovykh Prats NAN Ukrainy*, No. 5, P. 12–24.
8. Ishchenko, O.V., Palamarchuk, A.O. (2022), Decentralized Platforms for Supply Chain Management [Detsentralizovani platformy dlia upravlinnia lantsiuhamy postavok], *Zhurnal Ekonomichnykh Doslidzen*, No. 5, P. 12–26.
9. Karpenko, T.V. (2020), Private Blockchain Platforms in Corporate Logistics [Pryvatni blokchein-platformy v korporatyvni lohistytsi], *Zhurnal Suchasnykh Tekhnolohii*, No. 3, P. 54–63.
10. Kovalenko, A.A., Smirnova, L.M. (2022), Implementation of Smart Contracts in Transport Logistics [Vprovadzhennia smart-kontraktiv u transportnii lohistytsi], *Ekonomika ta Upravlinnia*, No. 7, P. 70–85.
11. Lytvynenko, O.O., Serhienko, N.M. (2021), Public Blockchains: Opportunities and Limitations for International Logistics [Publichni blokcheiny: mozhlyvosti ta obmezhenia dlia mizhnarodnoi lohistyky], *Mizhnarodnyi Zhurnal Ekonomiky*, No. 6, P. 38–50.
12. Meyers, A., Tapscott, D. (2016), Blockchain Revolution: Transparency and Efficiency in Supply Chains [Blokchein-revoliutsiia: Prozorist ta efektyvnist lantsiuhiv postavok]. *Tekhnolohii Maibutnoho*.
13. Melnyk, I.V. (2020). Transparency and Automation of Logistics Processes through Blockchain Technologies [Prozorist i avtomatyzatsiia lohistychnykh protsesiv zavdiaky blokchein-tekhnolohiiam], *Ekonomichniy Visnyk Ukrainy*, No. 4, P. 25–34.
14. Petrov, O.M. (2019), Consortium Blockchains for Intercorporate Cooperation in Logistics [Konsortsiumni blokcheiny dlia mizhkorporatyvnoi spivpratsi v lohistytsi], *Lohistyka ta Upravlinnia Lantsiuhamy Postavok*, No. 2, P. 65–79.
15. Savchenko, Yu.V., Nikitenko, O.P. (2021), The Use of Cryptography in Blockchain Systems for Data Protection in the Transport Industry [Vykorystannia kryptohrafii v blokchein-systemakh dlia zakhystu danykh u transportnii haluzi], *Tekhnolohii Zakhystu Informatsii*, No. 10, P. 18–29.

16. Sydorenko, P.H., Chornobai, V.M. (2022), TradeLens as an Example of a Consortium Platform for Global Logistics [TradeLens yak pryklad konsortsiumnoi platformy dlia hlobalnoi lohistyky], *Zhurnal Transportnykh Tekhnologii*, No. 5, P. 40–53.
17. Smyrnov, I.A., Kravchenko, L.V. (2019), The Role of Blockchain Technologies in Enhancing Transparency of Supply Chains [Rol blokchein-tekhnologii u pidvyshchenni prozorosti lantsiuhiv postavok], *Naukovyi Visnyk Transportu i Lohistyky*, No. 11, P. 34–46.
18. Tymoshenko, R.V., Bondarenko, L.M. (2021), Comparative Analysis of Blockchain Platforms for Use in Logistics [Porivnialnyi analiz blokchein-platform dlia zastosuvannia v lohistytsi], *Ekonomika ta Upravlinnia Pidpryemstvom*, No. 6, P. 50–62.
19. Chorny, M.V., Holubenko, T.I. (2019), The Efficiency of Blockchain Platforms for Automating Transport Processes [Efektyvnist blokchein-platform dlia avtomatyzatsii transportnykh protsesiv], *Visnyk Prykladnykh Doslidzhen*, No. 10, P. 61–74.
20. Shevchenko, D.M. (2020), Advantages and Disadvantages of Using Blockchain Technologies in Supply Chains [Perevahy ta nedoliky vykorystannia blokchein-tekhnologii u lantsiuhakh postavok], *Naukovyi Visnyk Lohistyky*, No. 9, P. 15–28.
21. Yakovenko, D.S., Sereda, A.O. (2020), Prospects for Using Blockchain for Data Protection in International Logistics [Perspektyvy vykorystannia blokcheinu dlia zakhystu danykh u mizhnarodnii lohistytsi], *Mizhnarodnyi Ekonomichnyi Zhurnal*, No. 8, P. 28–41.
22. Everledger. (2020), Blockchain Solutions for Product Origin Verification [Blokchein-rishennia dlia veryfikatsii pokhodzhennia tovariv], *Innovatsiini Tekhnologii Zakhystu*.
23. Guardtime. (2021), Keyless Signature Infrastructure (KSI) for Data Protection in Logistics: Implementation Experience [Keyless Signature Infrastructure (KSI) dlia zakhystu lohistychnykh danykh: dosvid vprovadzhennia], *Zhurnal Kyberbezpeky ta Informatychnykh Tekhnologii*.
24. IBM, & Maersk. (2020), TradeLens Platform: Transparency and Efficiency in Logistics Processes [Platforma TradeLens: Prozorist ta operatyvnist u lohistychnykh protsesakh], *Zhurnal Lohistyky ta Innovatsii*.
25. IBM. (2020), Using Blockchain for CO2 Emission Tracking: Environmental Responsibility Prospects [Vyorystannia blokchein dlia vidstezhennia vykydiv CO2: perspektyvy ekolohichnoi vidpovidalnosti], *Zbirnyk Publikatsii IBM*.
26. Linux Foundation. (2020), Hyperledger Fabric: Private Blockchain Platform for Corporate Use [Hyperledger Fabric: Pryvatna blokchein-platforma dlia korporatyvnoho vykorystannia], *Zbirnyk Naukovoho Prats Linux Foundation*.
27. VeChain. (2021), Supply Chain Transparency and Sustainable Development in Logistics [Prozorist lantsiuhiv postavok ta stiiki rozvytok u lohistytsi], *Mizhnarodnyi Zhurnal Ekolohichnoi Ekonomiky*.

РЕФЕРАТИ ABSTRACTS

УДК 004.7:656; JEL Classification: L86, O32, R41

Дмитрієва О.І., Стогул К.М. ФУНКЦІОНАЛЬНІ МОЖЛИВОСТІ БЛОКЧЕЙН-ПЛАТФОРМ У ТРАНСПОРТНІЙ ГАЛУЗІ: ОГЛЯД ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ

Мета: полягає в детальному аналізі функціональних можливостей блокчейн-технологій у транспортній галузі, а також оцінці їхнього потенціалу для оптимізації логістичних процесів, забезпечення безпеки даних, підвищення прозорості ланцюгів поставок і автоматизації транзакцій. **Методика дослідження:** у статті використано комплексний підхід, що включає методи системного аналізу для визначення основних функціональних можливостей блокчейн-технологій у транспортній галузі. Застосовано метод порівняння для зіставлення різних блокчейн-платформ, їхніх переваг та обмежень у контексті транспорту та логістики. Для узагальнення результатів проведено критичний аналіз наукових публікацій та практичного досвіду впровадження блокчейну у сфері логістики. **Результати:** у ході дослідження виявлено, що блокчейн-технології значно підвищують ефективність транспортних процесів, зокрема через забезпечення прозорості, незмінності даних та безпеки транзакцій. Було встановлено, що використання блокчейн-платформ дозволяє мінімізувати ризики шахрайства та покращити відстежуваність ланцюгів поставок, що сприяє підвищенню довіри серед учасників транспортного процесу. Також дослідження підтвердило ефективність смарт-контрактів, які автоматизують управління угодами та оптимізують логістичні операції. Це забезпечує зниження витрат, прискорення транзакцій і покращення загальної продуктивності логістичних процесів у транспортній галузі. **Наукова новизна:** дослідження показало, що інновації є критичним елементом для підтримки дослідження демонструє інноваційний підхід до використання блокчейн-технологій у транспортній галузі, показуючи, як їх функціональні можливості можуть не лише підвищувати ефективність логістичних операцій, але й забезпечувати новий рівень безпеки та прозорості у транспортуванні. Вперше проведено комплексний огляд та аналіз функціональних властивостей різних блокчейн-платформ у контексті транспорту, зокрема оцінено вплив смарт-контрактів, криптографічного захисту та децентралізації даних на мінімізацію ризиків шахрайства та оптимізацію процесів. **Практична значущість:** запропоновані в дослідженні підходи до впровадження блокчейн-технологій у транспортну галузь можуть бути використані для оптимізації управління ланцюгами поставок, підвищення прозорості та безпеки даних, а також зниження витрат на логістичні операції. Результати дослідження можуть стати основою для розробки нових транспортних рішень, які забезпечать надійний захист інформації, автоматизацію угод та мінімізацію людського фактора. Це особливо важливо для компаній, що працюють у сфері міжнародної логістики та прагнуть відповідати сучасним вимогам безпеки й ефективності.

Ключові слова: блокчейн, транспортна галузь, логістика, безпека даних, смарт-контракти, прозорість, автоматизація, децентралізація, інновації.

UDC 004.7:656; JEL Classification: L86, O32, R41

Dmytriieva O.I, Stogul K.M. FUNCTIONAL CAPABILITIES OF BLOCKCHAIN PLATFORMS IN THE TRANSPORT INDUSTRY: OVERVIEW AND DEVELOPMENT PROSPECTS

Purpose: consists in a detailed analysis of the functional capabilities of blockchain technologies in the transport sector, as well as an assessment of their potential for optimizing logistics processes, ensuring data security, enhancing supply chain transparency, and automating transactions. **Methodology of research:** The article employs a comprehensive approach that includes methods of systems analysis to identify the main functional capabilities of blockchain technologies in the transport sector. A comparative method is applied to contrast different blockchain platforms, their advantages, and limitations in the context of transport and logistics. To generalize the findings, a critical analysis of scientific publications and practical experience in blockchain implementation within the logistics field has been conducted. **Findings:** The study revealed that blockchain technologies significantly enhance the efficiency of transport processes, particularly through ensuring transparency, data immutability, and transaction security. It was found that the use of blockchain platforms minimizes fraud risks and improves supply chain traceability, fostering greater trust among transport process participants. The research also confirmed the effectiveness of smart contracts in automating contract management and optimizing logistics operations. This results in cost reduction, faster transactions, and improved overall productivity of logistics processes within the transport sector. **Originality** The research demonstrates an innovative approach to the use of blockchain technologies in the transport sector, illustrating how their functional capabilities not only improve the efficiency of logistics operations but also provide a new level of security and transparency in transportation. For the first time, a comprehensive review and analysis of the functional properties of various blockchain platforms in the context of transport have been conducted, specifically evaluating the impact of smart contracts, cryptographic security, and data decentralization on minimizing fraud risks and optimizing processes. **Practical value:** The approaches to implementing blockchain technologies in the transport sector proposed in this study can be applied to optimize supply chain management, enhance data transparency and security, and reduce logistics operation costs. The research findings may serve as a foundation for developing new transport solutions that provide reliable information protection, automated transactions, and minimize human intervention. This is particularly valuable for companies operating in international logistics, as they strive to meet modern safety and efficiency standards.

Key words: blockchain, transport industry, logistics, data security, smart contracts, transparency, automation, decentralization, innovation.

Відомості про авторів / About the Authors

Дмитрієва Оксана Іллівна – доктор економічних наук, професор, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, завідувачка кафедри економіки і підприємництва, м. Харків, Україна; e-mail: oksanahnadu@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9314-350X>. Моб. (063) 353-79-98.

Dmytriieva Oksana – Dr.Sc. in Economics, Professor, Kharkov National Automobile and Highway University, Head of the Department of Economics and Business, Kharkiv, Ukraine.

Стогул Кіра Максимівна – здобувач вищої освіти першого (бакалаврського) рівня, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків, Україна; e-mail: stogulkira@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-7104-6281>. Моб. (066) 370-82-37.

Stohul Kira – higher education student of the first (bachelor's) level, Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, Ukraine.