

Шкурупій А.В.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ БЛОКЧЕЙН ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЗОРОСТІ І БЕЗПЕКИ У ЛАНЦЮГАХ ПОСТАЧАННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ЗАПЧАСТИН

Представлено концепт впровадження технології блокчейн для забезпечення прозорості та безпеки в ланцюгах постачання автомобільних запчастин, що сприяє підвищенню ефективності логістичних процесів, зниженню витрат та мінімізації ризиків фальсифікації. Блокчейн розглядається як інструмент децентралізованого моніторингу та аналізу відхилень між плановими та фактичними показниками, усуваючи проблеми ручної обробки великих обсягів даних у транспортній логістиці. Результатом дослідження стали розроблені етапи впровадження блокчейн-систем, включаючи оцінку можливостей, розробку Dapp на основі Ethereum, використання платформи Hyperledger для консорціумних блокчейнів із контрольованим доступом та створення розумних контрактів на основі big data-аналізу. Визначено ролі учасників (виробники, постачальники, споживачі), деталізовано бізнес-процеси відстеження продукції від сировини до кінцевого користувача, запобігання контрафакту та оптимізації логістики. Проаналізовано технічні вимоги до вузлів, обґрунтовано вибір Hyperledger через його здатність до оновлення правил та інтеграції з існуючими ERP-системами, а Ethereum – для розумних контрактів через наявність екосистеми та токенів. Предметом автоматизації є формування єдиного інформаційного поля, моніторинг відхилень та участь у блокчейн-спільноті. Архітектура консорціумного блокчейну забезпечує взаємодію вузлів із розумними контрактами для надійного зберігання даних. Висновки підтверджують підвищення довіри та ефективності в автобудівельній галузі, а перспективи включають емпіричне тестування, інтеграцію з IoT та AI, розширення на інші сектори та порівняльний аналіз платформ. Дана реалізація блокчейн-системи для ланцюгів постачання автомобільних запчастин призначена для систематичної інтеграції у бізнес-моделі підприємств.

Ключові слова: блокчейн, ланцюги постачання, автомобільні запчастини, прозорість, безпека, логістика, Hyperledger Fabric, децентралізовані додатки, розумні контракти, консорціумний блокчейн, моніторинг відхилень.

Постановка проблеми. В умовах глобалізації та цифровізації економіки ефективність та прозорість ланцюгів постачання стають критично важливими для забезпечення конкурентоспроможності компаній. Традиційні системи управління постачанням стикаються з низкою проблем, включаючи обмежену простежуваність, високі адміністративні витрати, ризики фальсифікації товарів та нестачу довіри між учасниками ланцюга.

Технологія блокчейн, забезпечуючи децентралізований та незмінний реєстр транзакцій, пропонує інноваційні рішення для цих проблем. Її застосування в логістиці сприяє підвищенню прозорості, поліпшенню відстежуваності товарів у режимі реального часу та зниженню операційних витрат за рахунок автоматизації процесів та усунення посередників. За даними аналітичних досліджень, ринок блокчейн-рішень для відсте-

ження ланцюгів постачання демонструє стрімке зростання, що свідчить про зростаючий інтерес до цієї технології з боку бізнесу та держави [1, с. 159].

До основних завдань логістики відносять – максимальне скорочення термінів доставки, спрощення документообігу та забезпечення безпеки й збереження вантажу. Крім того, відсутність можливості у власника вантажу здійснювати контроль процесу доставки стає однією з причин виникнення спірних ситуацій.

Необхідність у вдосконаленні системи транспортної логістики підприємства автобудівельної галузі обумовлює актуальність та об'єктивність розглядуваної теми. Впровадження технології Blockchain (далі блокчейн) дозволить вирішити існуючу проблему в області управління постачаннями запчастин.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останнім часом багато іноземних дослідників проводили дослідження щодо впливу технології блокчейн на транспортно-логістичну сферу. Так, М. Фрідлмайер, А. Тумасян, І. Велпе [2], Н. Хакіус і М. Петерсен [3] стверджують, що застосування блокчейну у цій галузі матиме як позитивні, так і негативні наслідки. Деякі логістичні експерти, такі як К. О'Мара [4], вважають, що блокчейн має величезний потенціал, який допоможе трансформувати ланцюг постачання і стане необхідною платформою для економічного оновлення. О. Кудирко та Я. Назаренко досліджували можливості впровадження технології блокчейн в транспортно-логістичну галузь України [1].

Так, інтеграція блокчейн-технологій в системи управління ланцюгами постачання є актуальною темою, яка може значно полегшити та покращити процеси управління постачанням у сучасних промислових підприємствах, у тому числі і на підприємствах машинобудівельної галузі.

Постановка завдання. Метою статті є обґрунтування та розроблення концептуальної моделі використання технології блокчейн для забезпечення прозорості, безпеки та підвищення ефективності ланцюгів постачання автомобільних запчастин шляхом інтеграції децентралізованих додатків, консорціумних блокчейн-платформ і розумних контрактів, що дозволяє мінімізувати ризики фальсифікації, оптимізувати логістичні процеси та сформувати єдине інформаційне середовище для всіх учасників постачання.

Виклад основного матеріалу. У всіх функціональних галузях логістики основне завдання – контролювати процеси, що впроваджуються. Моніторинг логістичного процесу це впорядкована і, наскільки це можливо, безперервна обробка логістичних даних для виявлення відхилень або розбіжностей між плановими та фактичними значеннями логістичних показників, а також аналізу цих відхилень. Існують такі етапи управління логістичною системою як [3, с. 4]:

- визначення планових значень логістичних показників;
- розрахунок фактичних значень логістичних показників;
- порівняння фактичних та планових показників (виявлення відхилень);
- аналіз виявлених відхилень.

У сучасній транспортній логістиці при виборі оптимальних маршрутів та транспорту необхідна комп'ютерна обробка вихідних даних (замовлень, параметрів вантажу, автопарку тощо), це пов'язано

з постійно зростаючими обсягами даних про стан об'єктів управління. Ці дані надходять до центру управління в «закритому» вигляді з супутників, і ручне оброблення такого потоку інформації стає трудомістким, що призводить до втрати ефективності прийнятих рішень та збільшення кількості помилок.

Можливим вирішенням цієї проблеми у логістичних системах може стати використання технології блокчейн. Блокчейн (англ. Blockchain або ланцюг блоків) – це безперервний послідовний ланцюг блоків (пов'язаний список), який містить інформацію відповідно до певних правил. Найчастіше копії ланцюгів блоків зберігаються та обробляються незалежно один від одного на різних комп'ютерах [2].

У зв'язку з тим, що всі блоки в цій технології взаємопов'язані і в більшості випадків не підлягають зміні, ця технологія може вирішити проблему безпеки в логістиці, а саме запобігти можливості зміни даних та фальсифікації хакерами.

Роботи з впровадження технології блокчейн у ланцюги постачання автомобільних запчастин на підприємствах автобудівельної галузі повинні виконуватись відповідно до нормативних та методичних документів підприємства. Метою впровадження є розробка програмного забезпечення формування єдиного інформаційного поля з урахуванням технології блокчейн.

Автором рекомендуються виділити такі етапи впровадження блокчейну у ланцюги постачання автомобільних запчастин:

1. Оцінка можливості впровадження блокчейну у діяльність підприємства-виробника. На даному етапі потрібні такі дані про підприємство – кількість співробітників, обороти, галузь, довжина виробничого циклу запчастин (від постачання сировини до кінцевого продукту), кількість клієнтів (автовиробники, дилери, ремонтні майстерні), наявність гарантійних термінів та умов обслуговування запчастин. На підставі цих даних, програмісти обробляють отримані дані та проводять розрахунок термінів впровадження блокчейн-технології на підприємство, її вартості, економічної ефективності (наприклад, зниження витрат на відстеження дефектних запчастин) та ризиків (інтеграція з існуючими ERP-системами автомобільної галузі). З отриманого блокчейн аналізу підприємство приймає рішення про необхідність впровадження технології.

2. Розробка блокчейн системи для підприємства-виробника запчастин. На цьому етапі підприємство може скористатися двома опціями.

Перша – в даний час розроблено блокчейн алгоритми для автомобільної галузі та розміру підприємства, які можна буде використовувати для адаптації на рівні конкретної організації, з урахуванням специфіки ланцюгів постачання запчастин (відстеження походження, сертифікації якості та запобігання підробкам). Наявність готового ядра програми дозволяє знизити витрати на впровадження до 70% та прискорити процес впровадження блокчейн технологій. Друга – адаптація алгоритму на замовлення підприємства. У такому разі підприємство надає всю інформацію про необхідний блокчейн системі адміністрації платформи, яка надалі адаптує наявні шаблони для окремого підприємства. Вибір необхідної опції здійснюється керівництвом підприємства, виходячи з інтересів керівництва, специфіки роботи та рівня конфіденційності інформації (наприклад, захист даних про інноваційні компоненти).

3. Використання блокчейн системи на підприємстві. На цьому етапі проводиться запуск системи та оцінка її ефективності в ланцюгах постачання автомобільних запчастин, зокрема відстеження руху деталей від виробника до кінцевого користувача, запобігання контрафакту та оптимізація логістики. Здійснюється її доопрацювання у межах виявлених недоліків чи можливостей поліпшення, таких як інтеграція з IoT-сенсорами для моніторингу умов зберігання запчастин.

4. Моніторинг реалізації блокчейн технології. Підприємство, яке здійснює впровадження технології розподіленого реєстру, щомісяця може формувати звіт про хід реалізації блокчейн системи в контексті ланцюгів постачання запчастин, включаючи метрики ефективності (зниження часу на перевірку якості, зменшення випадків повернень). На підставі цього звіту система формує рекомендації щодо поліпшення блокчейн системи (наприклад, додавання функцій прогнозування попиту на запчастини) та їхнє економічне обґрунтування.

5. Участь підприємства у блокчейн спільноті через узагальнення результатів впровадження та обмін інформацією з компаніями партнерами в рамках автомобільної галузі чи суміжних сфер діяльності (логістика чи виробництво електроніки для авто). Обмін інформацією дозволяє популяризувати підприємство як технологічного лідера та залучити нових клієнтів, партнерів чи інвесторів, зацікавлених у прозорих ланцюгах постачання. Функція збору інформації дозволяє інтегрувати кращі практики у сфері блокчейну та зробити підприємство одним із лідерів у сфері технологій розподіленого реєстру для автомобільної індустрії.

На рис. 1 представлена модель застосування технології блокчейн у ланцюгах постачання автомобільних запчастин.

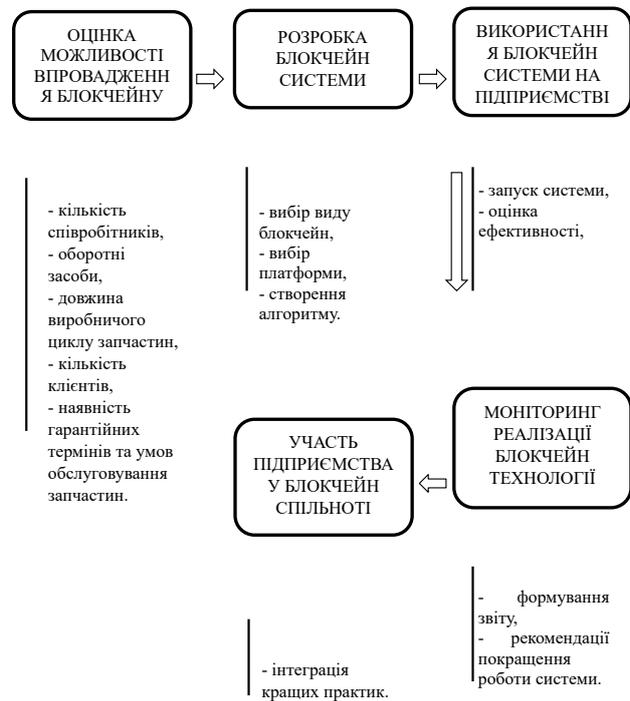


Рис. 1. Модель застосування технології блокчейн у ланцюгах постачання автомобільних запчастин

Перший етап орієнтований на створення тестової версії платформи, яка включатиме аккаунти співробітників підприємства та адміністраторів системи. У цій версії, представники підприємства зможуть оцінити перспективи впровадження блокчейну у своїй організації через реєстрацію на сайті та заповнення облікових даних про організацію. При цьому представники підприємства отримують таку інформацію:

- оцінку термінів впровадження блокчейн технології в конкретній сфері діяльності організації;
- ризики застосування з обґрунтуванням;
- оцінку економічної ефективності за різними сценаріями – оптимістичному, ймовірному та негативному.

Такий підхід дозволяє на ранніх етапах впровадження оцінити перспективи блокчейну для підприємства, або іверсифікувати ризики, впровадивши блокчейн у рамках окремого бізнес-процесу.

Другий етап включає основну частину процесу застосування. На даному етапі команда здійснює розробку та публікацію тестової версії блокчейну проекту. Формується окремий особистий кабінет для програмістів, де для фахівців стануть доступні стандартні блокчейн алгоритми, єдине середовище

для розробки, а також система автоматизованої перевірки та виявлення помилок. На даному етапі формується повноцінний функціонал проекту, де поряд із попередньою оцінкою характеристик впровадження блокчейну підприємства зможуть формувати замовлення на впровадження блокчейну та отримують перші результати в рамках тестового режиму функціонування проекту.

Третій етап впровадження включає процес узгодження і тестування. На підставі підсумків обговорення формується щотижневий порядок денний для коригування платформи, доповнення механізмів роботи та впровадження доопрацювань та доповнень. Типові алгоритми будуть доповнені окремими рішеннями для ключових галузей економіки та соціальної діяльності. Крім того, почне функціонувати система оперативного коригування блокчейн проектів замовників на основі роботи системи зворотного зв'язку та щоденної оцінки проекту при впровадженні. Це дозволить максимізувати відповідність алгоритму, що впроваджується, реальним пріоритетам замовника.

Четвертий етап – масштабування проекту. Орієнтований на коригування команди та перехід на розширення діяльності проекту через залучення нових клієнтів. Існуюча базова версія може бути доповнена системою автоматизованого вибору виконавців на підставі їх досвіду в реалізації проектів, середньої швидкості роботи та галузей для проектів. Відбувається подальше налагодження проекту на основі відгуків, обробки підсумків впровадження блокчейн проектів на підприємстві.

При цьому, незважаючи на загальнодоступність та безкоштовність первинної оцінки доцільності впровадження блокчейну в компаніях-клієнтах, подальше впровадження не буде доступним для всіх бажаючих компаній. У разі, якщо блокчейн технологія за підсумками аналізу бізнес-процесів та технологічного циклу компанії буде визнана представниками підприємства економічно неефективною, передбачається відмова у впровадженні.

Це необхідно для збереження раціональності в функціонуванні проекту впровадження та збереження сприятливого уявлення про блокчейн у представників цільової аудиторії.

Впровадження технології у діючу бізнес-модель постачання автомобільних запчастин варто почати з визначення виду блокчейну. В інтересах підприємства автобудівельної галузі і холдингу має місце використовувати не публічний і не приватний, а блокчейн-консорціум (від англ. Consortium або Public Permissioned blockchain) –

це такі блокчейни, до яких кожен може підключитися для перегляду, але додавати інформацію або підключити свій вузол учасник може лише з дозволу інших учасників. Такі блокчейни будують організації з метою підвищення довіри з боку замовників чи споживачів продукції, чи суспільства загалом. Тут надійність також досягається присутністю довіри між учасниками та тими самими алгоритмами консенсусу.

Наступним етапом буде безпосередньо розробка програми Dapp (decentralized application).

Існує кілька варіантів: можна розробити власний блок Dapp, а потім на його основі написати конкретну систему розумних контрактів. Другим варіантом є розробка Dapp на основі існуючого blockchain, як, наприклад, Ethereum. Третім варіантом є створення Dapp з урахуванням Dapp другого варіанта, тобто додаток поверх програми. Для третього варіанта потрібна наявність протоколів для своєї діяльності.

Цю класифікацію можна порівняти з операційними системами та додатками для цих систем. Перший варіант є власне розробкою власної ОС, як Windows чи IOS. Другий варіант більше нагадує розробку програми: текстовий редактор, система обліку тощо. Третій варіант – спеціалізовані програмні рішення. У нашому випадку найлогічніше скористатися готовим blockchain і розробити Dapp на його основі, оскільки розробка власного blockchain занадто довге і дороге заняття. Плюс потрібен час, щоб blockchain став популярним і міг генерувати токени, необхідні для роботи. Враховуючи, що на даний момент існує Ethereum платформа, спеціально розроблена для створення розумних контрактів, логічно вибрати другий варіант. Плюс цей варіант дозволить створити згодом власну екосистему навколо розробленого Dapp.

Для полегшення впровадження технології слід використовувати готові рішення, одне з таких у сфері блокчейну є «Hyperledger fabric» – це «фреймворк», що дозволяє створювати децентралізовані бази даних на основі технології блокчейн. «Фреймворк» дозволяє створювати блокчейни, в яких всі вузли, що генерують блоки, відомі заздалегідь. Завдяки цьому адміністратори блокчейну можуть оновлювати правила обробки транзакцій.

Hyperledger-blockchain платформа з контрольованим доступом. З технічної точки зору в даній платформі кожен учасник має розгорнуту ділянку ланцюга у своєму підприємстві, але не має доступу до частин мережі інших організацій. Приклад роботи системи наведено на рис. 2.

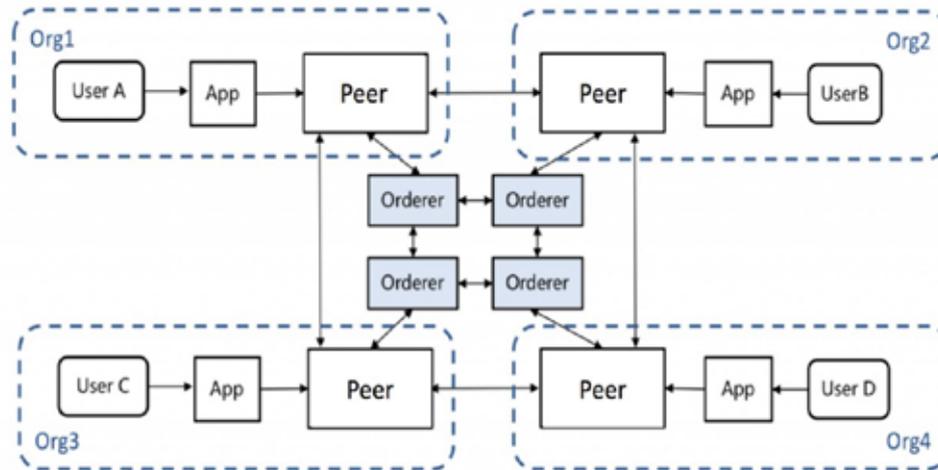


Рис. 2. Схема побудови системи на платформі Hyperledger

Зі схеми видно, що кожен користувач має свій вузол (peer), який забезпечує працездатність blockchain. Також у кожного користувача є програма, яка дозволяє з цією системою взаємодіяти. І, нарешті, сполучні ланки, які забезпечують взаємодію всередині мережі (ordering service). У нашому випадку цими ланками будуть розумні контракти.

Наступним кроком буде створення розумних контрактів. На цьому етапі знадобиться інформація, яку отримали фахівці з big data. На основі аналізу статистичної інформації, отриманої раніше за час роботи підприємства, можна буде виділити основні види контрактів, з якими працює підприємство та його найближчі партнери, що дозволить створити код-шаблон. Цей код буде використовуватися для написання договору для певного підприємства.

Щоб забезпечити надійність даних, які зберігаються, і мінімальну стійкість системи одночасно повинно функціонувати не менше 4 вузлів-валідаторів, які об'єднані в однорангову мережу. У стандартній конфігурації Hyperledger число валідаторів: від 4 до 20. Повні вузли можуть працювати на комп'ютерах під управлінням UNIX-подібних операційних систем. Перевагу слід віддавати Linux, останні стабільні дистрибутиви: Ubuntu, CentOS.

Попередній аналіз свідчить, що повні вузли можуть бути розгорнуті на дистрибутивах «AltLinux».

Мінімальні вимоги до комп'ютера, на якому працюватиме повний вузол:

- процесор із частотою більше 2GHz;
- оперативна пам'ять: 4 Гб;

- жорсткий диск: 50 Гб;
- постійне підключення до мережі Інтернет із швидкістю більше 1 Мбіт/сек.

Вузол-клієнт може бути запущений на комп'ютері під керуванням операційних систем Windows, Linux, Mac і не вимагає істотних обчислювальних ресурсів.

Після того, як проект буде запущено, варто сформувати союз підприємств, які будуть учасниками ланцюга постачання запчастин. За фактом, чим більше підприємств погодиться увійти в альянс, тим краще, оскільки це дозволить створити здорову конкуренцію всередині проекту, а також значно збільшить його ефективність, оскільки саме від кількості учасників залежить, на скільки взагалі дана розробка матиме сенс.

Наступним кроком буде технічне оснащення підприємств, які перебувають в альянсі. Або навіть правильніше буде сказати – це буде необхідною умовою для вступу. Blockchain – база даних, їй потрібні очі та вуха, іншими словами, потрібна наявність каналів, через які інформація потраплятиме в систему.

Висновки. автомобільних запчастин може значно підвищити ефективність логістичних процесів, забезпечуючи прозорість, безпеку та надійність даних. Основні етапи впровадження, такі як оцінка можливостей підприємства, розробка системи, її використання, моніторинг та участь у спільноті, дозволяють систематично інтегрувати блокчейн у бізнес-моделі автобудівельної галузі, мінімізуючи ризики та оптимізуючи витрати.

Використання платформи Hyperledger Fabric, та розробка децентралізованих додатків (Dapp)

на основі Ethereum забезпечує створення консорціумних блокчейнів, які поєднують контрольований доступ із високою надійністю, запобігаючи фальсифікації даних та покращуючи відстеження товарів від виробника до споживача. Результати аналізу свідчать про потенціал зниження витрат на відстеження дефектів, оптимізацію логістики та підвищення довіри між учасниками ланцюга, що підтверджується моделлю застосування технології та технічними вимогами до вузлів системи.

Обґрунтування отриманих результатів ґрунтується на порівнянні планових та фактичних логістичних показників, де блокчейн виступає інструментом для безперервного моніторингу та аналізу відхилень, усуваючи проблеми ручної обробки великих обсягів даних у транспортній логістиці.

Перспективи подальшого дослідження включають емпіричне тестування запропонованої моделі на реальних підприємствах автобудівельної галузі з метою кількісної оцінки економічної ефективності, зокрема через аналіз показників зниження витрат та часу на обробку даних. Також варто дослідити інтеграцію блокчейн із технологіями Інтернету речей (IoT) та штучного інтелекту для прогнозування попиту та автоматизації контрактів, а також розширення на інші сектори логістики, такі як фармацевтика чи харчова промисловість. Подальші роботи можуть зосередитися на порівняльному аналізі різних платформ блокчейн (наприклад, Hyperledger та Ethereum) у контексті їхньої стійкості до кібератак та масштабованості, а також на розробці стандартів для консорціумних блокчейнів у міжнародних ланцюгах постачання.

Список літератури:

1. Кудирко О. В. Інновації в логістиці: перспективи використання технології блокчейн у ланцюгах поставок. *Науковий вісник Ужгородського національного університету. Серія «Міжнародні економічні відносини та світове господарство»*. 2017. Вип. 15 (1). С. 158–163. ACM.
2. Friedlmaier M., Tumasjan A., Welpel I. M. Disrupting industries with Blockchain: The industry, venture capital funding, and regional distribution of Blockchain ventures. In: Proceedings of the 51st Hawaii International Conference on System Sciences. Waikoloa Village, HI, USA, 3–6 January 2018. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/143481280.pdf> (дата звернення: 15.10.2025).
3. Hackius N., Petersen M. Blockchain in Logistics and Supply Chain: Trick or Treat? In: Proceedings of the Hamburg International Conference of Logistics (HICL). Hamburg, Germany, 12–14 October 2017. Hamburg, Germany, 2017. P. 3–18. ACM.
4. O'Marah K. Blockchain for supply chain: Enormous potential down the road. *Forbes*. 9 March 2017. URL: <https://www.forbes.com/sites/kevinomarah/2017/03/09/Blockchain-for-supply-chain-enormous-potential-down-the-road/#6354f6623db5> (дата звернення: 15.10.2025).

Shkurupii A.V. USE OF BLOCKCHAIN TECHNOLOGY TO ENSURE TRANSPARENCY AND SECURITY IN AUTOMOTIVE PARTS SUPPLY CHAINS

The concept of implementing blockchain technology to ensure transparency and security in automotive parts supply chains is presented, which contributes to enhancing the efficiency of logistics processes, reducing costs, and minimizing the risks of counterfeiting. Blockchain is considered as a tool for decentralized monitoring and analysis of deviations between planned and actual indicators, eliminating the problems of manual processing of large volumes of data in transport logistics. The research results include the developed stages of blockchain system implementation, encompassing the assessment of enterprise capabilities, development of DApp based on Ethereum, use of the Hyperledger platform for consortium blockchains with controlled access, and creation of smart contracts based on big data analysis. The roles of participants (manufacturers, suppliers, consumers) are defined, and business processes for tracking products from raw materials to the end user, preventing counterfeits, and optimizing logistics are detailed. Technical requirements for nodes are analyzed, and the choice of Hyperledger is justified due to its ability to update rules and integrate with existing ERP systems, while Ethereum is selected for smart contracts owing to its ecosystem and tokens. The subject of automation is the formation of a unified information field, monitoring of deviations, and participation in the blockchain community. The architecture of the consortium blockchain ensures node interaction with smart contracts for reliable data storage. The conclusions confirm the increase in trust and efficiency in the automotive industry, while prospects include empirical testing, integration with IoT and AI, expansion to other sectors, and comparative analysis of platforms. This implementation of the blockchain system for automotive parts supply chains is intended for systematic integration into enterprise business models.

Key words: blockchain, supply chains, automotive parts, transparency, security, logistics, Hyperledger Fabric, decentralized applications, smart contracts, consortium blockchain, deviation monitoring.

Дата надходження статті: 20.11.2025

Дата прийняття статті: 09.12.2025

Опубліковано: 30.12.2025