

БЛОКЧЕЙН-МОНІТОРИНГ ЛОГІСТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ У ЦИФРОВІЙ МОДЕЛІ УПРАВЛІННЯ БУДІВЕЛЬНИМ ВИРОБНИЦТВОМ

Андрій Росинський

доктор філософії, доцент кафедри економіки будівництва, доцент,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4119-7463>

Богдан Цеба

здобувач третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти

ОНП «Будівництво та цивільна інженерія»

спеціальності G19 «Будівництво та цивільна інженерія»

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-2579-4552>

Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ

Сучасне будівельне виробництво є комплексною системою, яка характеризується високим рівнем фрагментації, залученням великої кількості незалежних учасників та розгалуженими ланцюгами постачання [1]. Логістичні процеси на будівельному майданчику традиційно залишаються однією з найбільш вразливих ланок організаційно-технологічного управління. Несвоєчасна доставка матеріалів, постачання бракованої або несертифікованої продукції, втрата супровідної документації та відсутність прозорості у взаєморозрахунках призводять до критичних затримок у графіках виконання робіт та суттєвого збільшення бюджетів. В умовах переходу галузі до парадигми «Будівництво 4.0» та активного впровадження технологій будівельного інформаційного моделювання (BIM-технологій), виникає нагальна потреба у забезпеченні безперервного, достовірного та захищеного від фальсифікацій потоку даних між фізичним будівельним майданчиком та його цифровим двійником. Використання традиційних централізованих баз даних не вирішує проблеми довіри між контрагентами, оскільки такі системи залишаються вразливими до несанкціонованого втручання та маніпуляцій «заднім числом». Як наслідок, впровадження блокчейн-технології, іншими словами – технології розподілених реєстрів, в організаційно-технологічну модель управління логістикою перетворюється з суто інноваційного тренду в об'єктивну вимогу часу [2], що дозволяє створити єдине, незмінне та прозоре інформаційне середовище для всіх стейкхолдерів будівельного проекту.

Основною науково-практичною проблемою є відсутність комплексних механізмів узгодження фізичних поставок будівельних матеріалів із календарними планами виконання робіт та графіками фінансування будівельного виробництва. Існуючі моделі управління ланцюгами постачання переважно базуються на паперовому документообігу або розрізаних та відокремлених цифрових системах, що унеможливує наскрізний моніторинг життєвого циклу матеріалу, виробу або конструкції. Метою даної роботи є обґрунтування та розробка концепції блокчейн-моніторингу логістичних процесів як невід'ємної складової організаційно-технологічної моделі цифрового управління будівельним виробництвом, що забезпечить підвищення

рівня прозорості, автоматизацію контролю якості та оптимізацію взаємодії між постачальниками, підрядниками, девелоперами та замовником.

Організаційно-технологічна модель управління будівництвом, що базується на блокчейн-технології, докорінно змінює архітектуру інформаційних потоків. Сутність запропонованого підходу полягає у створенні консорціумного блокчейну, доступ до якого мають виключно авторизовані учасники конкретного будівельного проєкту: замовник, девелопер, генеральний підрядник, субпідрядники, проєктувальники, виробники матеріалів, логістичні компанії та виконавці технічного і авторського нагляду. Кожна транзакція, чи то відвантаження партії арматури з металургійного заводу, чи результати лабораторних випробувань міцності бетону, записується у вигляді криптографічно захищеного блоку даних, який неможливо видалити або змінити.

Відстеження шляху будівельних матеріалів та конструкцій починається безпосередньо на заводі-виробнику. Під час випуску партії, до прикладу, збірних залізобетонних конструкцій, виробник створює унікальний цифровий паспорт виробу, який містить інформацію про марку, дату виготовлення, результати вихідного контролю якості та відповідну документацію і сертифікати. Цей масив даних вноситься в блокчейн, що дозволяє створити первинний запис у ланцюзі постачання. Фізичний виріб та його профіль у розподіленому реєстрі поєднуються за допомогою маркування. Для цього використовують QR-коди або RFID-мітки. При цьому саме RFID-технологія дає змогу зробити процес верифікації дійсно автономним. Вона забезпечує безконтактне зчитування, тоді як QR-код доведеться сканувати вручну, що знову повертає нас до людського фактору.

На етапі транспортування до системи блокчейн-моніторингу додаються технології Інтернету речей (IoT), зокрема транспортні засоби оснащуються GPS-трекерами та спеціальними датчиками. Останні, наприклад, під час транспортування бетонної суміші, можуть безперервно фіксувати температуру, вологість та час перебування у дорозі. Вся ця телеметрія автоматично та без участі людини заноситься у смарт-контракти. Якщо параметри транспортування виходять за допустимі нормативні межі, смарт-контракт автоматично фіксує порушення технологічних умов, маркує дану партію як сумнівну та надсилає сповіщення відповідальному за прийняття матеріалів на будівельному майданчику ще до прибуття автобетонозмішувача.

Після прибуття на об'єкт будівництва відбувається автоматизоване приймання матеріалу. Система зчитує ідентифікатор, звертається до блокчейну для перевірки сертифікатів якості та історії транспортування. Лише за умови повної відповідності всіх критеріїв смарт-контракт ініціює зміну статусу матеріалу на «доставлено» і може автоматично розблокувати транш оплати постачальнику [2]. Такий підхід повністю виключає суб'єктивний фактор, корупційні ризики та використання контрафактної або неякісної продукції, оскільки жоден матеріал без підтвердженого «цифрового сліду» не може бути допущений до виробництва робіт. Економічна ефективність такого підходу виражається у суттєвій оптимізації оборотного капіталу учасників будівництва.

Завдяки смарт-контрактам час між фізичною доставкою вантажу та його оплатою зводиться до мінімуму. Це дозволяє компаніям суттєво економити. Підрядникам більше не потрібно залучати дорогі кредитні кошти, щоб перекривати тимчасові касові розриви. Крім того, автоматизація перевірки та підтвердження цінових параметрів безпосередньо у момент приймання дозволяє уникнути нецільового використання коштів та забезпечує прозорість формування кошторисної вартості матеріальних ресурсів.

Завершальним етапом логістичного ланцюга є монтаж конструкції чи використання будівельного матеріалу для створення виробу та/або частини конструкції безпосередньо на будівельному майданчику. Після того, як виконавець робіт підтверджує встановлення елемента, інформація про це заноситься в електронний журнал виконання робіт, який також функціонує на блокчейні. Це призводить до оновлення цифрової інформаційної BIM-моделі. Відповідний елемент у 3D-моделі автоматично змінює свій статус, що дозволяє керівництву проєкту в режимі реального часу бачити фактичний прогрес будівництва [3], порівнювати його з директивним графіком та здійснювати предиктивний аналіз можливих простоїв.

Крім того, життєвий цикл сформованого цифрового масиву продовжується на стадії експлуатації будівлі [3]. Створений незмінний архів даних має значний прикладний потенціал для використання управляючими компаніями та об'єднаннями співвласників багатоквартирних будинків. Наявність достовірної інформації про специфікацію матеріалів та інженерних мереж дозволяє оптимізувати планування поточних і капітальних ремонтів та підвищити загальну ефективність технічного обслуговування об'єктів нерухомості. Як наслідок, наявність верифікованої історії будівництва сприяє підвищенню інвестиційної привабливості та рівня капіталізації об'єкта нерухомості на ринку.

У той же час, наявність незмінної історії логістичних та технологічних процесів додатково дозволяє змінити й підходи до оцінки ризиків та страхування будівельних об'єктів. Для страхових компаній автономно підтвержені дані блокчейну стають пріоритетним джерелом протягом аудиту виконаних робіт. Це, своєю чергою, дозволяє добросовісним девелоперам розраховувати на зниження страхових премій. В цьому контексті цифрова модель стає не тільки додатковим інструментом контролю, але й стратегічним активом, який напряду впливає на ліквідність та ринкову вартість завершених об'єктів нерухомості.

Впровадження описаної організаційно-технологічної моделі обмежується певними викликами, зокрема необхідністю в початкових інвестиціях у розвиток цифрової інфраструктури, потребою у підвищенні кваліфікації інженерно-технічного персоналу та відсутністю стандартизованої нормативно-правової бази для використання смарт-контрактів у будівельній галузі на території України. Проте економічний ефект від мінімізації логістичних втрат, уникнення судових спорів та пришвидшення операційних процесів суттєво перевищує витрати на впровадження блокчейн-технології.

Таким чином, залучення технології розподілених реєстрів у систему

моніторингу логістичних процесів формує принципово нову організаційно-технологічну модель управління будівельним виробництвом. Децентралізований реєстр виступає надійним комунікаційним містком між фізичним будівельним майданчиком та цифровим середовищем будівельного інформаційного моделювання. Трекінг матеріалів від заводу-виробника до моменту їх безпосереднього монтажу з фіксацією сертифікатів якості та умов транспортування дозволяє повністю автоматизувати процеси вхідного контролю, виключити використання неякісних матеріалів, забезпечити абсолютну прозорість взаєморозрахунків та сформувати достовірний експлуатаційний паспорт об'єкта будівництва. Подальші дослідження варто зосередити на розробці алгоритмів динамічної оптимізації логістичних маршрутів на основі даних смарт-контрактів та інтеграції хоча б базових засад блокчейн-протоколів у чинні державні будівельні норми.

Список використаних джерел:

1. Malykhin M., Dubinin D., Bielienskova O. Methodological approach to construction of a system for detection and prevention of destruction of the activities of construction participants. *Baltic Journal of Economic Studies*. 2025. Vol. 11, No. 3. P. 230-238. URL: <https://doi.org/10.30525/2256-0742/2025-11-3-230-238>.
2. Росинський А.В. Засади розвитку економічного потенціалу девелоперської компанії на ринку віртуальних активів. *Будівельне виробництво*. 2022. № 73. С. 64-73. URL: <https://doi.org/10.36750/2524-2555.73.64-73>.
3. Распутный Д. С., Титок В. В. Оцінка економічної ефективності використання технологій інформаційного моделювання будівель на різних етапах життєвого циклу інвестиційно-будівельних проєктів. *Наукові записки Львівського університету бізнесу та права*. 2025. № 45. С. 598-608. URL: <https://nzlubp.org.ua/index.php/journal/article/view/1749>.

УДК 658.8:339.1

ШЛЯХИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ЛОГІСТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ В ІНТЕРНЕТ-ТОРГІВЛІ

Антоніна Самойленко,

канд.техн.наук, професор кафедри товарознавства та
комерційної діяльності у будівництві, доцент
<https://orcid.org/0000-0001-9003-9918>

Київський національний університет будівництва та архітектури, м. Київ

Логістика відіграє ключову роль у забезпеченні ефективного функціонування інтернет-торгівлі. У сучасних умовах цифровізації та глобальної конкуренції, підприємства повинні впроваджувати інноваційні рішення для покращення логістичних процесів, скорочення витрат, підвищення рівня обслуговування клієнтів та задоволення зростаючих потреб ринку. ТОВ