

ІНТЕГРАЦІЯ СМАРТ-КОНТРАКТІВ В ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНУ МОДЕЛЬ ЦИФРОВОГО УПРАВЛІННЯ БУДІВЕЛЬНИМ ВИРОБНИЦТВОМ

© Б.С. Цеба, А.В. Росинський, 2026

Актуальність вирішення проблеми фінансової синхронізації будівельного виробництва зумовлена тим, що періоди фактичного виконання робіт та здійснення розрахунків за них занадто розосереджені у часі. Незважаючи на те, що інтеграція технологій інформаційного моделювання (BIM) та віртуального проєктування суттєво оптимізувала інженерно-технічну складову проєктування та спорудження об'єктів нерухомості, фінансово-економічні процеси і досі залишаються вразливими до застарілих, з точки зору тотальної цифровізації, бюрократичних механізмів. Іншими словами, попри наявність збалансованої організаційно-технологічної моделі, загальний темп будівельного виробництва руйнується саме на стадії проведення взаєморозрахунків. Зазначене зумовлює необхідність розробки середовища, в якому інженерна та економічна безпека підрядних підприємств підтримувались би синхронно.

Фундаментальною перепорою класичного управління залишається несинхронність виникнення витрат підрядника та грошових надходжень від замовника. Традиційний алгоритм документообігу передбачає тривалий шлях узгодження звітності, де первинними документами виступають акти приймання виконаних будівельних робіт (форма № КБ-2в) та довідки про вартість виконаних будівельних робіт та витрати (форма № КБ-3). Їхнє фізичне переміщення кабінетами технічного нагляду, проєктувальників та кошторисників триває тижнями, що провокує нескінченні суперечки щодо фактичних обсягів виконаних робіт та створює небезпечні касові розриви для підрядних організацій. Затримки у фінансуванні призводять до несвоєчасної закупівлі будівельних матеріалів та виплати заробітної платні, що провокує відхилення від графіку виконання робіт. Крім того, наявність суб'єктивного людського фактору на етапі експертизи та підтвердження платежів за формами КБ-2в та КБ-3 додатково посилює корупційні ризики. Зазначене підтверджує, що парадигму ризик-менеджменту в будівництві доцільно зміщувати саме на превентивне алгоритмічне уникнення фінансових непорозумінь.

Вирішення окресленої проблеми вимагає поступового переходу від традиційних паперових договорів до автоматизованих систем, побудованих на базі блокчейн-технологій. Варто зауважити, що нами вже активно формуються концептуальні засади інтеграції споріднених криптографічних інструментів, зокрема невзаємозамінних токенів (NFT), у девелопмент нерухомості, що беззаперечно підтверджує незворотність децентралізованої трансформації галузі [1, 2]. Концептуальним ядром пропонованого інструментарію виступає смарт-контракт – децентралізований протокол, здатний автоматично виконувати та документувати юридично та фіскально значущі дії за попередньо прописаними програмними алгоритмами. Смарт-контракт унеможливує несанкціоновану зміну даних постфактум, що у контексті цифрового управління створює середовище абсолютної довіри, в яке інтегровані організаційно-технологічна модель об'єкта та інструменти фінансової автоматизації платежів.

Для прикладної реалізації зазначених концептуальних засад нами пропонується розширена архітектура системи діджиталізованого управління, що складається з чотирьох взаємопов'язаних рівнів. Перший рівень відповідає за фактичне виконання робіт та збір об'єктивних даних. На цьому етапі фактичні результати (наприклад, обсяги влаштованих монолітних залізобетонних конструкцій) фіксуються засобами інструментального контролю: фотограмметрією, сенсорами будівельної техніки або виконавчою документацією, долученою до хмарного середовища даних. Зібрана первинна

інформація миттєво оновлює цифрову модель, перетворюючи фізичний прогрес у точний цифровий відповідник. Це створює стабільний потік об'єктивних даних про фактичний стан об'єкта будівництва у режимі реального часу.

Другий рівень – це процедура верифікації та валідації. Оскільки смарт-контракт є програмно ізольованим середовищем, йому потрібне надійне джерело підтверджених даних із реального світу, роль якого виконує цифровий оракул. У будівельній практиці функції оракула делегуються уповноваженій особі – інженеру-кошториснику чи технічному нагляду. Отримавши сповіщення про завершення технологічного циклу, цей фахівець проводить зіставлення даних моделі з вимогами проектно-кошторисної документації. У разі підтвердження обсягів, що історично відображалися у формі КБ-2в, інженер накладає кваліфікований електронний підпис. Власне, ця дія формує криптографічно захищений тригер для наступного етапу, залишаючись єдиною точкою безпосередньо людської участі.

Третій рівень – етап консенсусу та смарт-контрактів. Згенерований на попередньому етапі захищений тригер надходить безпосередньо до смарт-контракту, який функціонує на розподілених вузлах блокчейн-мережі. Програмний алгоритм автоматично і безпристрасно звіряє отримані параметри з умовами початкового договору. Якщо обсяг робіт підтверджено сертифікованим оракулом і терміни виконання відповідають затвердженому календарному графіку організаційно-технологічної моделі, система самостійно ініціює наступну дію. Цей процес повністю виключає втручання адміністративного чи бухгалтерського апарату замовника, а всі транзакції та зміни статусів незворотно записуються в розподілений реєстр. Такий механізм формує абсолютно прозорий, незмінний аудиторський слід, що робить неможливими будь-які маніпуляції з обсягами чи вартістю робіт заднім числом.

Четвертий рівень відведено під автоматизовані розрахунки. На цьому фінальному етапі смарт-контракт встановлює безпосередню взаємодію з банківськими платіжними шлюзами для вивільнення цільових коштів. Фінанси, заздалегідь зарезервовані замовником на ескроу-рахунок під виконання конкретного етапу робіт, автоматично переказуються підрядній організації. Завдяки такому підходу фінансові транзакції, що раніше штучно затримувалися до підписання паперової довідки форми КБ-3, тепер реалізуються синхронно з фактичним рухом будівельного виробництва. Відповідно, повністю усувається потреба утримувати громіздкий штат для ручної звірки оплат.

Практичне застосування запропонованої організаційно-технологічної моделі з функцією автоматичного смарт-контракту формує принципово нову парадигму управління будівництвом, побудовану на засадах довіри, прозорості та діджиталізації. Особливої актуальності вона набуває в умовах реалізації проектів відновлення та відбудови за моделлю «проектуй-і-будуй», де оперативність та гнучкість прийнятих рішень потребують абсолютної прозорості та майже миттєвої фінансової реакції. Позаяк, всеохоплююча синергія технологій інформаційного будівельного моделювання та децентралізованих фінансових інструментів створює принципово нову екосистему, в якій вартість життєвого циклу об'єкта нерухомості стає більш прогнозованою та керованою величиною. Як наслідок, підрядні підприємства отримують гарантію своєчасної оплати, а держава та інвестори – дієвий інструментальний контроль за цільовим використанням коштів.

Список літератури:

1. 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>.
2. Цеба Б.С., Хміль Л.М., Росинський А.В. Концептуальні засади інтеграції NFT у девелопмент нерухомості. *Архітектура та Будівництво: Відновлення України. Наука, Технологія, Практика* : програма та тези доп. Міжнар. наук.-техн. форуму, м. Київ, 17-18 листопада 2022 р. Київ, 2022. С. 456-457. URL: <https://repository.knuba.edu.ua/handle/123456789/13458>.