

DOI: [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2022.49\(2\).273-281](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2022.49(2).273-281)

УДК 69.003:658.5:004.9

О.К. Кушнір

здобувач

І.Р. Кацюба

здобувач

Дж. Гулієв

аспірант, ORCID: 0000-0002-3442-0906

Я.Я. Кирик

здобувач

С.О. Веремєєв

аспірант ORCID: 0000-0002-4751-547X

Київський національний університет будівництва та архітектури, Київ

ЦИФРОВА РЕІНЖЕНЕРІЯ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ ПІДПРИЄМСТВ БУДІВЕЛЬНОГО ДЕВЕЛОПМЕНТУ: СИСТЕМНО-ІННОВАЦІЙНІ РІШЕННЯ ТА МЕТОДОЛОГІЯ ВПРОВАДЖЕННЯ

У статті розглядається проблема впровадження цифрової реінженерії бізнес-процесів у будівельному девелопменті в умовах зростаючої складності ринкового середовища та вимог до інноваційної стійкості підприємств. Цифрова реінженерія бізнес-процесів трактується не як автоматизація наявних процедур, а як радикальне перепроєктування операційної логіки із застосуванням системного мислення, процесно-орієнтованого підходу та принципів оцінювального будівництва. Методологія впровадження охоплює кілька рівнів: стратегічний — із визначенням ціннісної пропозиції та політики управління даними й ризиками; процесний — із застосуванням інструментів *process mining* та картування потоків цінності для емпіричного виявлення вузьких місць і дублювання дій; проєктувальний — із формуванням цільової архітектури інтеграції на основі відкритих інтерфейсів, API та керованої версійності. Окремо виділено значення підготовки персоналу та розбудови компетенцій у сфері цифрової колаборації, адже лише зміна технологій без зміни управлінських практик не забезпечує стійкого ефекту.

Значна увага приділена інструментам *process mining*, які створюють доказову базу для вибору кандидатів на реінженерію. Наведено характеристику провідних рішень (Celonis, Disco, ProM, Apromore, UiPath Process Mining тощо), що дозволяють діагностувати реальні маршрути робіт, час погоджень, кількість RFI, колізій у BIM та відхилення від календарних графіків, що дає змогу підвищувати точність прогнозів і формувати гнучкі моделі управління. У статті також запропоновано підхід до пілотування й масштабування цифрових рішень через систему гіпотез та показників (тривалість погоджень, рівень колізій, відсоток повторного введення даних, інциденти безпеки тощо), що забезпечує

перевірку результативності та контроль ризиків. Оцінювання ефективності реінженерії інтегровано в процес управління змінами через дерево показників, яке поєднує фінансові, технологічні, безпекові та екологічні індикатори з критеріями зрілості учасників проєкту.

Ключові слова: *цифрова реінженерія, будівельний розвиток, цифрова екосистема, process mining, картування потоків цінності, бізнес-процеси, інноваційна стійкість, стратегічне управління, управління ризиками, цифрова колаборація, інтеграція даних, гнучкі моделі управління, транзакційні витрати, операційна логіка, прогнозна аналітика, цифрова трансформація.*

Постановка проблеми. Формування цифрової екосистеми будівельного підприємства розглядається як стратегічний напрям, що забезпечує стійкий розвиток у середовищі високої технологічної динаміки та зростаючих вимог до інноваційності. Під цифровою екосистемою слід розуміти інтегровану систему інформаційно-комунікаційних технологій, програмних продуктів, апаратних засобів та організаційних практик, які об'єднують усіх учасників будівельного процесу — від проєктувальників і підрядників до експлуатуючих організацій і кінцевих користувачів об'єкта. Інноваційна стійкість підприємства у будівництві формується на перетині двох процесів: з одного боку, це здатність підприємства впроваджувати та масштабувати інноваційні рішення, а з іншого — спроможність зберігати рівновагу в умовах ризиків, невизначеності та трансформації ринку. Цифрова екосистема виконує роль «стабілізатора» та «прискорювача» цих процесів.

Ключовим елементом є BIM-технології (Building Information Modeling), що дозволяють формувати цифрові двійники будівельних об'єктів на всіх стадіях життєвого циклу — від концептуального проєктування до демонтажу, що забезпечує зменшення проєктних колізій, оптимізацію використання ресурсів і прозорість прийняття рішень. У межах цифрової екосистеми BIM стає базовим «ядром», навколо якого інтегруються інші інструменти. ERP-системи та платформи управління ресурсами створюють умови для наскрізного контролю фінансових і матеріальних потоків, що не лише мінімізує ризики перевитрат чи затримок поставчань, а й формує дані для прогнозної аналітики, яка є важливим інструментом забезпечення інноваційної стійкості. До цифрової екосистеми включаються інтелектуальні системи моніторингу (IoT, сенсорні мережі, Smart Building Management). Вони дозволяють у режимі реального часу відстежувати технічний стан конструкцій, параметри енергоспоживання та безпеки, що створює умови для прогнозного обслуговування та зменшує витрати на усунення аварійних ситуацій, що напряму впливає на стабільність і надійність інноваційних рішень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Класична робота Hammer, M., & Champy, J. [1] яка ввела поняття бізнес-реінжинірингу. У книзі закладено концепцію радикального перепроєктування бізнес-процесів

зادля досягнення суттєвих поліпшень у вартості, якості, обслуговуванні й швидкості. У монографії Van der Aalst, W. M. P. (2016) закладено методологічну основу process mining як інструменту для виявлення й аналізу реальних бізнес-процесів на базі цифрових журналів подій, що дозволяє емпірично підтверджувати відхилення від проєктних моделей, визначати вузькі місця та оптимізувати робочі процеси у будь-якій галузі, зокрема й у будівництві [2]. Автори [3-6] пропонують підхід до оцінки зрілості BIM як ключового інструмента цифрової трансформації. У статтях [7-9] показано, що впровадження BIM змінює не тільки технічний аспект проєктування, а й бізнес-процеси девелоперських компаній, формуючи підґрунтя для їх реінженерії. Дослідження [10] аналізує цифровізацію в контексті Industry 4.0 і робить акцент на інтеграції IoT, ERP та автоматизації у будівельних підприємствах. Автори [11-12] підкреслюють, що реінженерія процесів повинна враховувати ризики цифрових трансформацій, але водночас створює нові можливості для інноваційної стійкості. Стаття [13] фокусується на розробці BIM-фреймворку для управління вигодами у власників активів. Автори [14] доводять, що цифрова реінженерія бізнес-процесів у будівництві можлива лише за умови оцінки фактичних результатів від впровадження інноваційних технологій, що забезпечує прозорість і стійкість інвестиційних рішень.

Мета статті — обґрунтувати концептуальні засади та прикладні інструменти цифрової трансформації бізнес-процесів у будівельному девелопменті, визначити методологію їх реінженерії, а також продемонструвати, яким чином інтеграція цих технологій у єдину цифрову екосистему сприяє підвищенню ефективності управління, зменшенню ризиків і формуванню інноваційної стійкості підприємств.

Виклад основного матеріалу. Цифрова реінженерія в будівельному девелопменті розглядається як цілеспрямоване переосмислення й радикальне перепроєктування міжорганізаційних і внутрішніх процесів на основі даних, стандартів інформаційного моделювання та керованої інтеграції «проєктування—будівництво—експлуатація». Її мета — не інформатизація наявних практик, а побудова нової операційної логіки, у якій інформаційні потоки, матеріально-ресурсні ланцюги та управлінські рішення утворюють єдиний цифровий контур, що зменшує варіативність, усуває втрати й підвищує інноваційну стійкість підприємства.

Методологічне підґрунтя становлять системне мислення, процесно-орієнтований підхід, модельно-керована інженерія, принципи ощадливого будівництва та стандартизована інтероперабельність даних. Вихідною умовою є трактування об'єкта девелопменту як «цифрового продукту» з чітко визначеними вимогами до даних, життєвого циклу та показників ефективності; отже, цифрова реінженерія починається з формулювання вимог до інформації, а не з вибору технологій. Методологія розгортається у кількох взаємопов'язаних площинах. У стратегічній площині визначається ціннісна пропозиція для замовника та мережі підрядників,

задаються бізнес-цілі (скорочення тривалості циклу, зменшення переробок, підвищення якості та безпеки, «зелена» продуктивність), формалізуються політики управління даними і ризиками. У процесній площині моделюється «як є» через поєднання подієвих журналів і карт процесів: застосування інструментів *process mining* дозволяє емпірично відкрити реальні маршрути робіт, вузькі місця й варіативність, тоді як картування потоків цінності фіксує місця виникнення втрат і черг. Результатом є доказова база для вибору кандидатів на реінженерію — операцій із високою часткою ручної взаємодії, затримками погоджень, дублюванням введення даних, великою кількістю RFI та колізій (табл. 1).

У проєктувальній площині формується «як має бути» на основі референтних моделей і цифрових вимог до активу. Визначаються ролі власників процесів і даних, побудова спільного середовища даних, правила керованої версійності та трасованості рішень. Проєктується цілкова архітектура інтеграції: модульність застосунків, API-орієнтована взаємодія, подієва шина для синхронізації графіка, кошторису та журнальних записів якості, а також цифровий «нитковий» зв'язок між рішеннями проєктування, виконання й експлуатації. Окремо задається модель компетенцій і навчальні траєкторії для ключових ролей (власник продукту, власник процесу, керівник даних, координатор моделі, інженер інтеграції), оскільки зміна технологічного укладу без зміни практик не дає стійкого ефекту.

Таблиця 1

Характеристика та застосування інструментів *process mining* для цифрової реінженерії бізнес-процесів

Інструмент	Сильні сторони	Приклади застосування	Обмеження
Celonis	Потужна інтеграція з ERP/CRM, аналітика у реальному часі	Виявлення вузьких місць у постачанні матеріалів у великих девелоперів	Висока вартість, складність впровадження
Disco	Простота використання, наочна візуалізація маршрутів	Аналіз погоджень проєктної документації, пошук варіативності	Обмежена функціональність у масштабних проєктах
ProM Framework	Велика кількість алгоритмів, відкритий код, дослідницька гнучкість	Дослідження колізій у BIM, аналіз актів виконаних робіт	Високі вимоги до IT-компетенцій, неінтуїтивний інтерфейс

Закінчення табл. 1

1	2	3	4
Apromore	Моделювання 'as-is' та 'to-be', прогнозування ефектів реінженерії	Оцінка ефектів від реінженерії фінансових процесів	Менш розвинені інтеграції з корпоративними системами
UiPath Process Mining	Тісна інтеграція з RPA UiPath, пошук завдань для автоматизації	Автоматизація бухгалтерських процедур, погодження рахунків	Залежність від платформи UiPath
Minit	Глибока інтеграція з ERP, фокус на бізнес-користувачів	Контроль відхилень у графіках постачань у будівництві	Менш потужна аналітика порівняно з лідерами ринку
ARIS Process Mining	Поеднання з корпоративною архітектурою, стратегічний аналіз	Узгодження управлінських і виробничих процесів	Висока ціна, складність налаштування
IBM Process Mining	Можливість симуляцій сценаріїв, оцінка впливу змін	Прогнозування наслідків впровадження нових систем погоджень	Складність у налаштуванні для не-ІТ-користувачів
SAP Signavio	Інтеграція з SAP, наскрізна прозорість процесів	Моніторинг процесів закупівель і управління підрядниками	Призначено переважно для користувачів SAP
QPR ProcessAnalyzer	Алгоритми ШІ для пошуку причин затримок, потужна діагностика	Виявлення затримок у технічних погодженнях та RFI	Висока вартість ліцензії
EverFlow	Хмарна архітектура, обробка великих масивів даних	Аналіз відхилень у календарних графіках виконання	Менш відомий продукт, обмежена спільнота
PAFnow	Інтеграція з Power BI, доступність для бізнес-аналітиків	Моніторинг витрат та продуктивності у девелоперських проектах	Обмеженість функцій поза Power BI

Пілотування і масштабування відбуваються через гіпотези вигод та їх експериментальну перевірку. Для кожної гіпотези задається перевірюваний показник і поріг прийняття: тривалість циклу погодження змін, індекс колізій на 100 аркушів робочої документації, відсоток повторного введення даних, час реагування на RFI, частка відхилень

графіка, частота інцидентів безпеки, енергоємність будмайданчика, тощо. Пілотні ділянки обираються так, щоб поєднати репрезентативність і контрольованість: наприклад, один секційний корпус або типовий поверх, де цифрові процедури від замовлення до актування впроваджуються повністю. Результати виносяться на керуючий цикл ухвалення рішень, де за багатокритеріальною моделлю оцінюється доцільність масштабування: технічна здійсненність, економічний ефект із урахуванням повної вартості володіння, вплив на якість та безпеку, зрілість учасників ланцюга постачання, регуляторна відповідність.

Вбудований у методологію контур управління ризиками охоплює ідентифікацію цифрових уразливостей, оцінку впливу збоїв інтеграції на критичні шляхи, моделювання відмовочинних сценаріїв, а також план безперервності робіт. Паралельно формується політика якості даних з метриками повноти, точності, своєчасності та узгодженості, включно з процедурами валідації моделей і контрактними вимогами до обміну інформацією між сторонами, що забезпечує правовий і технічний каркас для міжорганізаційної співпраці, без якого реінженерія перетворюється на локальну автоматизацію. Масштабування здійснюється хвилями коротких ітерацій, кожна з яких завершується перевипуском операційної моделі та каталогу стандартних рішень. У межах хвилі переглядаються регламенти, схеми відповідальності та мотиваційні механізми — винагородження за скорочення переробок, швидкість обігу інформації, дотримання інформаційних вимог до активу. Для зменшення залежності від постачальників застосовується підхід до відкритих інтерфейсів і портативності даних; для зменшення складності — принцип «тонкого ядра» інтеграції з винесенням спеціалізованої логіки в прикладні модулі.

Оцінювання ефективності інтегровано в сам процес змін через дерево показників, що зв'язує стратегічні цілі з операційними метриками. Фінансові індикатори (скорочення витрат переробок, точність бюджету, скорочення тривалості циклу «замовлення—оплата») поєднуються з технологічними (інтенсивність колізій, час погодження, відсоток автоматично згенерованих звітів), безпековими та екологічними (частота інцидентів, енергоємність на етапі зведення, відхідність), а також з індикаторами зрілості учасників ланцюга постачання. Отримані дані слугують для повторного калібрування процесів, перегляду гіпотез вигод і коригування дорожньої карти змін. Запропонована методологія не зводиться до «впровадження програм», а визначає послідовність науково обґрунтованих дій — від емпіричного виявлення реальних потоків робіт і втрат до проєктування цільової операційної архітектури, керованого пілотування та хвильового масштабування з постійним вимірюванням результатів, що забезпечує конструктивно-технологічну узгодженість рішень, керованість життєвого циклу активу та здатність підприємства підтримувати інноваційний темп без втрати надійності, якості й безпеки.

Важливою складовою є цифрова колаборація стейкхолдерів у єдиному інформаційному середовищі (CDE). Вона дає змогу інтегрувати

архітекторів, інженерів, девелоперів, замовників і контролюючі органи, підвищуючи швидкість узгодження рішень і знижуючи транзакційні витрати. Для інноваційної стійкості це критично, адже дозволяє уникати затримок у реалізації проєктів та підвищувати гнучкість організаційних структур. Цифрова екосистема охоплює системи управління знаннями і компетенціями персоналу, що базуються на принципах безперервного навчання та апсکیلінгу, що сприяє швидкому засвоєнню нових інструментів і технологій, формуванню корпоративної культури інноваційності та стійкого кадрового потенціалу.

Висновки. Інноваційна стійкість у будівельному підприємстві означає здатність його операційної системи до безперервного відтворення інноваційного циклу (проєктування — будівництво — експлуатація) із мінімізацією зовнішніх і внутрішніх ризиків. Цифрова екосистема, забезпечуючи інтеграцію BIM, ERP, IoT, аналітичних інструментів та платформ комунікації, створює умови для гнучкої перебудови процесів, швидкого масштабування інновацій і підвищення надійності результатів. У підсумку, цифрова екосистема виступає не лише технічним інструментом, а стратегічним механізмом формування інноваційної стійкості будівельного підприємства. Вона дозволяє зменшити невизначеність, оптимізувати витрати, інтегрувати стейкхолдерів і підвищити якість прийняття рішень, що забезпечує сталий розвиток та конкурентні переваги на ринку будівництва в умовах глобальної цифрової трансформації.

Reference

1. Hammer, M., & Champy, J. (1993). *Reengineering the corporation: A manifesto for business revolution*. Harper Business.
2. Van der Aalst, W. M. P. (2016). *Process mining: Data science in action* (2nd ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-49851-4>
3. Succar, B., Sher, W., & Williams, A. (2013). An integrated approach to BIM competency assessment, acquisition and application. *Automation in Construction*, 35, 174–189. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.05.016>
4. Sukach, M. K., Ryzhakova, L. M., Chernyshev, D. O., & Ivakhnenko, I. S. (2020). *Fundamentals of technology transfer: A textbook* (p. 318). ISBN 978-617-7748-90-7.
5. Ryzhakova, G., Ryzhakov, D., Petrukha, S., Ishchenko, T., & Honcharenko, T. (2019). The innovative technology for modeling management business process of the enterprise. *International Journal of Recent Technology and Engineering* (IJRTE), 8(4), 4024–4033. <https://doi.org/10.35940/ijrte.D8356.118419>
6. Trach, R. V., Ryzhakova, G. M., & Kryzhanovskiy, V. I. (2017). Information modeling and the concept of integrated implementation of construction projects as the basis for innovative development of a construction enterprise. *Management of Development of Complex Systems*, 31, 173–178.
7. Ryzhakova, G., Ryzhakov, D., Leshchynska, I., Kistion, D., & Kondratskyi, V. (2019). Conceptual model of differentiated involvement of

resource provision sources in investment-construction projects. Urban Development and Territorial Planning, 71, 283–300.

8. Hryshkevych, O., & Ryzhakova, G. (2020). Modern paradigm of public investment as an instrument of state regulation of sustainable economic development. Management of Development of Complex Systems, 44, 136–142. <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2020.44.136-142>

9. Lahutin, H. V., Ryzhakova, G. M., & Ryzhakov, D. A. (2014). Modern models of project financing of housing construction enterprises: problems and prospects of functioning. Construction Production, 57(2), 57–64.

10. Ryzhakova, G. M. (2012). Econometric modeling of the process of forming sales volumes of small enterprises in construction. Construction Production, 53, 58–61.

11. T. Honcharenko, G. Ryzhakova, Ye. Borodavka, D. Ryzhakov, V. Savenko, O. Polosenko. Method for representing spatial information of topological relations based on a multidimensional data model, ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, vol. 16, Issue 7, 2021, pp. 802-809, http://www.arpnjournals.org/jeas/research_papers/rp_2021/jeas_0421_8555.pdf

12. K. Predun, N. Petrukha G. Ryzhakova, V. Pokolenko, O. Malykhina (2021). Structural Regulation of Methodological Management Approaches and Applied Reengineering Tools for Enterprises-Developers in Construction. International Journal of Emerging Trends T8, №10, 7560-7567. <https://doi.org/10.30534/ijeter/2020/1428102020>

13. Revunov, O., Ryzhakova, G., Malykhina, O., Predun, K., Prykhodko, D., & Orlenko, I. (2021). Analytical tools for diagnosing quality management systems of stakeholder enterprises in construction projects. Management of Development of Complex Systems, 45, 161–169. <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2021.45.161-169>

14. Tormosov, R., Chupryna, I., Ryzhakova, G., Prykhodko, D., & Faizullin, A. (2021). Establishment of the rational economic and analytical basis for projects in different sectors for their integration into the targeted diversified program for sustainable energy development. SIST 2021 – 2021 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies (pp. 1–6). IEEE. <https://doi.org/10.1109/SIST50301.2021.9465993>

Kushnir O. K., Katsiuba I. R., Huliiev D., Kyryk Ya. Ya.

Digital reengineering of business processes of construction development enterprises: system-innovative solutions and implementation methodology

The article addresses the issue of implementing digital reengineering of business processes in construction development under conditions of increasing market complexity and growing requirements for the innovative resilience of enterprises. Digital reengineering of business processes is interpreted not as automation of existing procedures, but as a radical redesign of operational logic using systems thinking, a process-oriented approach, and lean construction principles. The implementation methodology covers several levels:

the strategic — with the definition of the value proposition and data and risk management policies; the process level — with the application of process mining tools and value stream mapping for empirical identification of bottlenecks and duplication of actions; and the design level — with the formation of a target integration architecture based on open interfaces, APIs, and controlled versioning. Special attention is given to personnel training and the development of competencies in digital collaboration, since a change in technology without a change in management practices does not ensure sustainable results.

Significant attention is devoted to process mining tools, which provide an evidence base for selecting candidates for reengineering. The article highlights key solutions (Celonis, Disco, ProM, Apromore, UiPath Process Mining, etc.) that allow diagnosing actual workflows, approval times, the number of RFIs, BIM collisions, and deviations from project schedules, thus improving forecasting accuracy and shaping flexible management models. The study also proposes an approach to piloting and scaling digital solutions through a system of hypotheses and indicators (approval time, collision levels, percentage of repeated data entry, safety incidents, etc.), which ensures verification of results and risk control. Evaluation of the effectiveness of reengineering is integrated into the change management process through a tree of indicators combining financial, technological, safety, and environmental metrics with the maturity criteria of project participants.

Keywords: *digital reengineering, construction development, digital ecosystem, process mining, value stream mapping, business processes, innovative resilience, strategic management, risk management, digital collaboration, data integration, flexible management models, transaction costs, operational logic, predictive analytics, digital transformation.*

Посилання на статтю

APA Kushnir O. K., Katsiuba I.R., Huliiev Dzh., Kyryk Ya.Ia., Veremieiev S. O. (2022). Tsyfrova reinzheneriia biznes-protsesiv pidpriemstv budivelnoho developmentu: systemno-innovatsiini rishennia ta metodolohiia vprovadzhennia [Digital reengineering of business processes of construction development enterprises: system-innovative solutions and implementation methodology]. *Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn*, 49(2), 273-281.

ДСТУ: Кушнір О. К., Кацюба І.Р., Гулієв Дж., Кирик Я.Я., Веремієв С. О. Цифрова реінженерія бізнес-процесів підприємств будівельного девелопменту: системно-інноваційні рішення та методологія впровадження [Текст] *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. 2022. № 49(2). С. 273 - 281.