

ЦИФРОВА МОДЕЛЬ ТА ІНСТРУМЕНТИ ERP-ПІДТРИМКИ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ ПРИ ОРГАНІЗАЦІЇ БУДІВНИЦТВА

У статті розглянуто питання цифрової трансформації організації будівельного виробництва в умовах зростання динамічності реалізації будівельних проєктів. Визначено основні проблеми традиційних підходів до організації будівництва, які базуються на статичних організаційно-технологічних моделях та не забезпечують необхідної гнучкості управління виробничими процесами. Обґрунтовано доцільність інтеграції ERP-систем у процес управління будівельними проєктами для підтримки прийняття управлінських рішень. Запропоновано концептуальну модель цифрової підтримки організаційно-технологічних рішень у будівництві, що базується на взаємодії виробничих процесів, ресурсного забезпечення, часових параметрів та умов реалізації проєкту. Показано, що використання ERP-інструментів дозволяє забезпечити оперативну перебудову організаційних рішень при зміні умов виконання робіт. Таким чином, запропонована концептуальна модель демонструє, що інтеграція ERP-систем у процес управління будівництвом забезпечує формування цифрового середовища прийняття управлінських рішень, яке дозволяє підвищити адаптивність організаційно-технологічної системи будівництва та забезпечити стабільність реалізації будівельних проєктів у змінних умовах.

Наведено результати апробації підходу на практичних об'єктах будівництва, що підтверджують можливість зменшення простой ресурсів, підвищення рівномірності виконання робіт та зниження відхилень від календарних графіків. Результатами проведеного дослідження було встановлено, що цифрова трансформація організації будівництва є важливою умовою підвищення ефективності реалізації будівельних проєктів. Отримані результати можуть бути використані при розробленні інтегрованих інформаційних систем управління будівництвом, формуванні організаційних рішень та вдосконаленні практики управління будівельними проєктами.

Ключові слова: *цифрова трансформація, організація будівництва, ERP-системи, управлінські рішення, інформаційні системи управління, адаптивна модель.*

Постановка проблеми. У практиці будівництва постійно виникають зміни, пов'язані з ресурсним забезпеченням, фінансуванням, технологічними рішеннями, логістичними обмеженнями та коригуванням проектною документації. Сучасний розвиток будівельної галузі характеризується високим рівнем невизначеності та динамічності умов реалізації будівельних проєктів. У таких умовах традиційні підходи до організації будівельного виробництва, сформовані на основі статичних організаційно-технологічних схем, виявляються недостатньо ефективними. Вони не передбачають можливості оперативної перебудови виробничих процесів і реагують на зміни вже після їх виникнення.

Це призводить до:

- порушення календарних графіків виконання робіт;
- виникнення простоїв трудових і технічних ресурсів;
- нерівномірного завантаження виробничих потужностей;
- зниження загальної ефективності будівництва.

Одним із перспективних напрямів вирішення цієї проблеми є цифровізація управління будівництвом, зокрема застосування ERP-систем, які дозволяють інтегрувати інформацію про ресурси, роботи, фінанси та часові параметри проєкту в єдиному інформаційному середовищі.

Аналіз досліджень і публікацій. Проблеми організації будівельного виробництва досліджувалися у працях багатьох науковців у галузі організації будівництва, управління проєктами та економіки будівництва [1]. Значна частина досліджень спрямована на оптимізацію календарного планування, ресурсного забезпечення та підвищення продуктивності будівельних процесів.

Разом з тим більшість існуючих підходів розглядає будівельне виробництво як відносно стабільну систему, параметри якої визначаються на етапі планування [3].

У сучасних умовах будівельні проєкти реалізуються у середовищі постійних змін, що потребує формування нових підходів до управління виробничими процесами [5].

Перспективним напрямом є застосування інформаційних систем управління підприємством (ERP), які дозволяють інтегрувати процеси планування, управління ресурсами та контролю виконання робіт.

Метою статті є розроблення концептуального підходу до цифрової підтримки управлінських рішень в організації будівництва на основі використання ERP-систем, шляхом аналізу особливості функціонування будівельного виробництва в умовах змін та розгляду можливості використання ERP-систем у процесі організації будівництва і як результат сформувати концептуальну модель ERP-підтримки управлінських рішень для ефективного застосування цифрових інструментів у будівництві.

Основна частина. Цифрова модель підтримки організаційних рішень у будівництві.

Будівельне виробництво може бути представлене як динамічна організаційно-технологічна система, що включає взаємодію таких основних елементів:

- W – множина будівельних робіт;
- R – ресурси (трудові, технічні, матеріальні);
- T – часові параметри виконання робіт;
- C – умови реалізації проєкту;
- A – механізм адаптації організаційних рішень.

Ефективність організації будівництва може бути описана функціональною залежністю, наведено у формулі (1):

$$E = f(W, R, T, C) \quad (1)$$

де E – ефективність організації будівельного виробництва.

У разі зміни умов реалізації проекту:

$$C \rightarrow C'$$

ERP-система забезпечує формування нового організаційного стану, див. (2):

$$S' = f(W, R', T', C') \quad (2)$$

та дозволяє оперативно перебудовувати структуру виконання робіт.

Таким чином ERP-система виступає інформаційним механізмом підтримки управлінських рішень, що забезпечує:

- інтеграцію даних про ресурси;
- оперативне перепланування робіт;
- контроль виконання виробничих процесів;
- аналіз ефективності використання ресурсів.

Запропонована модель відображає логіку цифрової підтримки управлінських рішень у процесі організації будівельного виробництва на основі інтеграції інформаційних потоків у ERP-системі управління будівництвом.

У межах моделі будівельне виробництво розглядається як **складна організаційно-технологічна система**, що функціонує у змінному середовищі реалізації проекту та характеризується взаємодією виробничих процесів, ресурсного забезпечення, часових параметрів та зовнішніх умов (рис. 1).

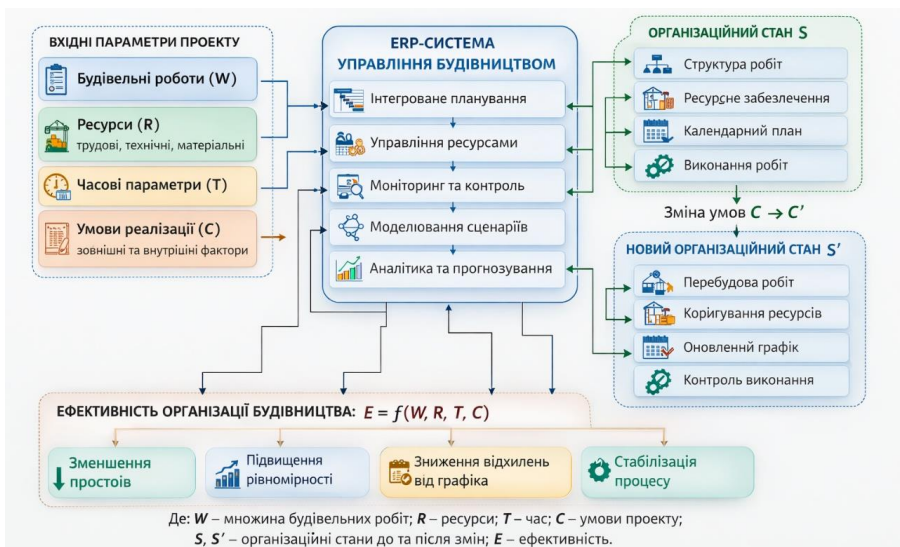


Рис. 1. Концептуальна модель цифрової підтримки організаційно-технологічних рішень у будівництві на основі ERP-системи

Джерело: авторська розробка

Вхідні параметри організаційно-технологічної системи. Вхідну інформаційну базу моделі формують основні параметри будівельного проекту:

W – множина будівельних робіт. Даний параметр відображає структуру виробничого процесу, яка включає технологічну послідовність виконання робіт, їх взаємозв'язки та організаційні залежності. Формування множини робіт здійснюється на основі календарно-технологічного планування та структури декомпозиції робіт (WBS).

R – ресурси будівництва. До цієї категорії належать:

- трудові ресурси;
- будівельна техніка;
- матеріально-технічні ресурси;
- фінансові ресурси.

Рациональне управління ресурсами є одним із ключових факторів ефективності будівельного виробництва.

T – часові параметри. Часові характеристики визначають календарні обмеження виконання робіт, тривалість технологічних процесів, критичні шляхи та резерви часу.

S – умови реалізації проекту. Цей параметр характеризує зовнішні та внутрішні фактори середовища реалізації будівельного проекту, зокрема:

- організаційні обмеження;
- зміни фінансування;
- логістичні умови;
- технологічні зміни;
- регуляторні фактори.

Таким чином, початковий стан системи організації будівництва формується як функціональна залежність і відображена у формулі (3):

$$S = f(W, R, T, C) \quad (3)$$

де S – організаційний стан будівельного виробництва.

ERP-система як інтегруючий елемент управління. Центральним елементом запропонованої моделі виступає ERP-система управління будівництвом, яка забезпечує інтеграцію та обробку інформації про всі ключові параметри проекту.

Функціональна роль ERP-системи полягає у реалізації таких основних управлінських функцій:

Інтегроване планування. ERP-система забезпечує формування узгодженого календарно-ресурсного плану виконання будівельних робіт на основі взаємопов'язаних даних про технологічні процеси, ресурси та часові обмеження.

Управління ресурсами. Цифрова система дозволяє здійснювати оперативний облік, розподіл та оптимізацію використання ресурсів з урахуванням фактичного стану виконання робіт.

Моніторинг і контроль. ERP-платформа забезпечує постійний контроль за виконанням виробничих процесів шляхом збору та аналізу оперативної інформації про хід будівництва.

Моделювання сценаріїв. Важливою функцією системи є можливість формування альтернативних організаційно-технологічних сценаріїв реалізації будівельного проекту.

Аналітика та прогнозування. ERP-система дозволяє виконувати аналітичну обробку даних, прогнозувати можливі відхилення від планових параметрів та формувати рекомендації щодо коригування організаційних рішень.

Формування організаційного стану будівництва. У процесі реалізації будівельного проєкту ERP-система формує організаційний стан виробничої системи, який включає:

- структуру виконання робіт;
- систему ресурсного забезпечення;
- календарний графік виконання робіт;
- поточний стан реалізації будівельних процесів.

Таким чином формується **організаційний стан S**, що характеризує поточну конфігурацію виробничої системи.

Адаптація системи до змін умов реалізації проєкту. Однією з ключових особливостей сучасного будівельного виробництва є постійна зміна умов реалізації проєкту.

У разі зміни параметрів середовища $C \rightarrow C'$ ERP-система забезпечує оперативну перебудову організаційно-технологічних рішень шляхом формування нового організаційного стану: $S' = f(W, R', T', C')$. При цьому можуть здійснюватися такі управлінські дії:

- перебудова технологічної послідовності робіт;
- перерозподіл ресурсів;
- коригування календарного графіка;
- уточнення виробничих параметрів виконання робіт.

Таким чином забезпечується адаптивність організації будівельного виробництва.

Вплив ERP-підтримки на ефективність організації будівництва.

Застосування ERP-системи дозволяє підвищити ефективність управління шляхом:

- зменшення простоїв ресурсів;
- підвищення рівномірності виконання робіт;
- зниження відхилень від календарного графіка;
- стабілізації виробничого процесу.

Практична апробація запропонованого підходу показала можливість:

- зменшення простоїв трудових ресурсів на **9–12 %**;
- зниження відхилень від календарного графіка на **10–15 %**;
- підвищення стабільності організації будівельного виробництва.

Таким чином, запропонована концептуальна модель (рис. 1) демонструє, що інтеграція ERP-систем у процес управління будівництвом забезпечує формування цифрового середовища прийняття управлінських рішень, яке дозволяє підвищити адаптивність організаційно-технологічної системи будівництва та забезпечити стабільність реалізації будівельних проєктів у змінних умовах.

Практична апробація запропонованого підходу була виконана на двох будівельних об'єктах.

У процесі реалізації проєктів виникали типові для сучасного будівництва зміни:

- коригування календарних графіків;
- зміни ресурсного забезпечення;
- уточнення технологічної послідовності виконання робіт.

Застосування цифрових інструментів управління дозволило:

- оперативно коригувати календарні плани;
- оптимізувати використання ресурсів;
- підтримувати безперервність виробничого процесу.

За результатами впровадження встановлено:

- зменшення простоїв трудових ресурсів на 9–12 %;
- зниження відхилень від календарного графіка на 10–15 %;
- підвищення рівномірності використання виробничих ресурсів;
- стабілізацію організації будівельного виробництва.

Висновки. У результаті проведеного дослідження встановлено, що цифрова трансформація організації будівництва є важливою умовою підвищення ефективності реалізації будівельних проєктів.

Основні результати при виконанні наукового дослідження:

1. Визначено обмеження традиційних організаційно-технологічних моделей будівництва в умовах динамічних змін.

2. Обґрунтовано доцільність застосування ERP-систем як інструменту цифрової підтримки управлінських рішень.

3. Запропоновано концептуальну модель цифрової підтримки організаційних рішень у будівництві.

4. Підтверджено ефективність використання ERP-інструментів у процесі управління будівельними проєктами.

Отримані результати можуть бути використані при розробленні інформаційних систем управління будівництвом, формуванні організаційних рішень та вдосконаленні практики управління будівельними проєктами.

Список літератури:

1. Пушкар Т.А. Цифровізація інноваційної діяльності в будівництві. *Здобутки економіки: перспективи та інновації*. 2024. № 8. DOI: 10.5281/zenodo.13141194.

2. Бондаренко Д., Калашнікова К. Цифровізація будівельної галузі України: аналіз стану, проблем та перспектив розвитку. *Економіка та суспільство*. 2024. № 65. DOI: 10.32782/2524-0072/2024-65-2.

3. Туровець Ю. Цифровізація надання адміністративних послуг у сфері будівництва. *Університетські наукові записки*. 2021. № 1 (79). С. 91–99. DOI: 10.37491/UNZ.79.9.

4. Садовяк М.Б. Ключові вектори цифровізації у сфері будівництва. *Наукові записки Львівського університету бізнесу та права*. 2024. № 43. С. 87–96. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14445451>.

5. Цифровізація будівельної галузі: попит на електронні послуги зростає // Міністерство розвитку громад, територій та інфраструктури України. URL: <https://mtu.gov.ua/news/35493.html> (дата звернення: 07.01.2025).

6. Беленкова О.Ю. Цифрова трансформація будівництва: механізм взаємодії бізнесу, науки, держави. *Будівельне виробництво*. 2019. № 1(66). С. 30–36. <https://doi.org/10.36750/2524-2555.66.30-36>.

7. Марченко О., Коляденко Р. Цифрова трансформація будівельного бізнесу: тенденції та перспективи. *Цифрова економіка та економічна безпека*. 2023. № 4 (04). С. 20–26. DOI: 10.32782/dees.4-4.

8. Берестецька О. М., Цимбровський В. Цифрова трансформація будівництва в Україні. *Тези доповідей III Міжнародної науково-практичної конференції „Цифрова економіка як фактор інновацій та сталого розвитку суспільства“*. 2022. С. 8–9.

9. Дубінін Д. Цифрова трансформація українських будівельних та проєктних підприємств: перешкоди та можливості. *Управління розвитком складних систем*. 2023. № 56. С. 131–137. DOI: 10.32347/2412-9933.2023.56.131-137.

10. Ключко А. Цифрові технології в галузі архітектури і будівництва. *Управління розвитком складних систем*. 2021. № 48. С. 61–68. <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2021.48.61-68>.

11. Tugai O.A. Adaptation of management organization structures to changes in activities of a principal contractor in the process of construction organization based on engineering methods. *Organizational and technological, economic quality control aspects in the construction industry*: collective monograph. Lviv–Toruń: Liha-Pres, 2019. Pp. 1-23. <https://doi.org/10.36059/978-966-397-166-7/1-23>

12. Лівінський О.М., Савенко В.І., Пальчик С.П., Чертков О.Ю. Менеджмент якості в будівництві і геном ділової досконалості організації: монографія. Київ: Центр учбової літератури, 2018. 233 с.

13. Тугай О.А., Шебек М.О., Дубинка О.В. Визначення нових та структурування наявних організаційно-технологічних підходів з управління циклом інженерної підготовки будівельно-інвестиційного проекту. *Наука та інновації*. 2019. № 15 (2). С. 105–114. <https://doi.org/10.15407/scin15.02.105>

Vladyslav ZHELEZNIAK

Digital model and erp tools for management solutions in construction organization

The article considers the issue of digital transformation of the organization of construction production in the conditions of increasing dynamism of the implementation of construction projects. The main problems of traditional approaches to the organization of construction, which are based on static organizational and technological models and do not provide the necessary flexibility in the management of production processes, are identified. The feasibility of integrating ERP systems into the process of managing construction projects to support management decision-making is substantiated. A conceptual model of digital support of organizational and technological decisions in construction is proposed, which is based on the interaction of production processes, resource provision, time parameters and project implementation conditions. It is shown that the use of ERP tools allows for the prompt restructuring of organizational decisions when changing the conditions of work. Thus, the proposed conceptual model demonstrates that the integration of ERP systems into the construction management process ensures the formation of a digital environment for making management decisions, which allows increasing the adaptability of the organizational and technological system of construction and ensuring the stability of the implementation of construction projects in changing conditions.

The results of testing the approach on practical construction sites are presented, confirming the possibility of reducing resource downtime, increasing the uniformity of work performance and reducing deviations from calendar schedules. The results of the study showed that the digital transformation of construction organization is an important condition for increasing the efficiency of construction project implementation. The results obtained can be used in the development of integrated construction management information systems, the formation of organizational solutions and the improvement of construction project management practices.

Keywords: *digital transformation, construction organization, ERP systems, management solutions, management information systems, adaptive model.*

Дата надходження статті: 15.01.2026

Дата прийняття статті: 20.02.2026