

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

д.т.н., професора Менеїлюка Олександра Івановича, завідувача кафедри будівельних технологій Одеської державної академії будівництва і архітектури, на дисертаційну роботу Железняка Владислава Леонідовича «Цифрова трансформація організації будівництва: моделі та інструменти ERP підтримки управлінських рішень», подану до разової спеціалізованої вченої ради PhD55.192 в КНУБА на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 19 «Архітектура та будівництво» за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

Актуальність теми дослідження, оцінка відповідності теми сучасним науковим і практичним потребам, її значущості для галузі

Сучасне будівельне виробництво характеризується зростанням складності об'єктів та функціонуванням в умовах високої динамічності: нестабільності ресурсного постачання, коливань цін та необхідності оперативного коригування проєктно-технологічних рішень. Традиційні детерміновані підходи до організації будівництва втрачають гнучкість і не забезпечують належної швидкості прийняття рішень.

В умовах цифрової трансформації розв'язання цієї проблеми лежить у площині інтеграції технологій інформаційного моделювання (BIM), систем управління ресурсами підприємства (ERP) та спільного цифрового середовища (CDE). Проте методологічні засади створення адаптивних організаційно-технологічних моделей на основі комплексу BIM-ERP-CDE залишаються недостатньо опрацьованими.

Актуальність дисертації В. Л. Железняка обумовлена необхідністю вирішення науково-прикладної задачі з підвищення ефективності організації будівельного виробництва шляхом розроблення адаптивних моделей та інструментів ERP-підтримки управлінських рішень. Результати роботи мають вагоме значення для розвитку теорії організації будівництва та практики цифровізації підприємств галузі.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Дослідження виконано на кафедрі організації та управління будівництвом КНУБА у межах НДР:

- «Організаційно-технологічне проектування будівельної діяльності» (держ. реєстраційний № 0115U001646);
- «Розробка інноваційних методів організації будівельної діяльності, що відповідають сучасному рівню будівельного виробництва» (держ. реєстраційний № 0116U000847).

Внесок автора полягає у розширенні методів організаційно-технологічного проектування за рахунок інтеграції цифрових інструментів та ERP-підсистеми в процеси прийняття рішень.

Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій

Обґрунтованість результатів забезпечена чітким визначенням мети, завдань, об'єкта й предмета дослідження, а також системним застосуванням методологічного апарату. Достовірність підтверджується використанням системного аналізу, структурно-функціонального моделювання, організаційно-технологічного проектування та порівняльного аналізу.

Запропонована адаптивна модель базується на узгодженні виробничих процесів, ресурсного забезпечення, календарного планування й інформаційних потоків. Практична достовірність підтверджується апробацією розробок на реальних об'єктах будівництва (із бюджетами \$12 млн та \$18 млн), апробацією на наукових конференціях та публікаціями у фахових виданнях.

Наукова новизна отриманих результатів

Вперше:

- розроблено науково-методичний підхід до формування адаптивної організаційно-технологічної системи управління будівництвом на основі інтеграції цифрових інструментів, що забезпечує оперативне реагування на відхилення у виробничому середовищі;

- запропоновано модель цифрової підтримки управління

будівельним виробництвом, яка об'єднує процеси календарного планування, ресурсного забезпечення й моніторингу робіт у єдиному середовищі;

- розроблено механізм адаптивного управління організаційно-технологічними процесами на основі ERP-технологій та сформовано концептуальну модель взаємодії BIM, ERP і CDE.

Удосконалено:

- методичний підхід до організації будівництва шляхом застосування цифрових механізмів координації процесів;

- підхід до оцінювання ефективності ОТР із урахуванням показників адаптивності, гнучкості та стійкості виробничої системи;

- методичні засади управління ресурсами через інтеграцію календарного планування, виробничого контролю й цифрового моніторингу.

Набули подальшого розвитку:

- теоретичні положення організації будівельного виробництва в умовах цифровізації;

- наукові підходи до розширення функціоналу ERP-систем від інструменту обліку до аналітичної платформи прийняття ОТР;

- уявлення про функціонування організаційно-технологічних систем як складних динамічних структур.

Практичне значення результатів дослідження

Результати дослідження мають безпосередню прикладну спрямованість і можуть впроваджуватися будівельними й девелоперськими компаніями, генпідрядниками та службами замовника.

Особливу практичну цінність становлять розроблена адаптивна модель управління, механізми ERP-підтримки прийняття рішень та концепція інтеграції BIM-ERP-CDE. Їх застосування дозволяє знизити відхилення за строками у 2–3 рази, зменшити перевитрати ресурсів до 4–5% та забезпечити економічний ефект на рівні 9–15% від бюджету проєкту при витратах на цифровізацію 2–4%.

Результати також доцільно використовувати у закладах вищої освіти під

час викладання дисциплін з організації будівництва та управління проєктами.

Повнота викладення результатів у наукових публікаціях. Апробація результатів дослідження

За темою дисертації опубліковано: 1 колективну монографію, 1 статтю у виданні, що індексується у міжнародних наукометричних базах даних (Scopus/The Scientific Heritage), 4 статті у фахових виданнях України (категорія «Б») та 4 публікації у матеріалах науково-практичних конференцій. Зміст опублікованих праць повною мірою відображає основні положення та результати дослідження.

Структура та зміст дисертації, оцінка логіки побудови та завершеності дослідження

Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку джерел (205 найменувань) та додатків. Загальний обсяг — 223 сторінки.

У вступі обґрунтовано актуальність, мету, завдання, наукову новизну та практичну цінність. У першому розділі проаналізовано еволюцію підходів до організації будівництва та концепції цифровізації. У другому розділі досліджені фактори динамічних змін, сформовано систему критеріїв оцінки та обґрунтовано наукову гіпотезу. У третьому розділі розроблено концепцію середовища BIM-ERP-CDE, модель взаємодії параметрів проєкту та алгоритм реалізації адаптивного управління. У четвертому розділі подано методику застосування, результати апробації на реальних об'єктах та економічну оцінку.

Робота характеризується високим рівнем наукової грамотності, логічною завершеністю та чітким дотриманням термінологічного апарату.

Дотримання вимог академічної доброчесності

Дисертація є самостійним науковим дослідженням. Всі цитування, використанні нормативні джерела та концепції супроводжуються коректними посиланнями. За звітом системи Unicheck максимальний відсоток збігів становить 7,49%, що є допустимим і свідчить про відсутність плагіату, фабрикації чи фальсифікації даних.

Дискусійні положення та зауваження до роботи

Позитивно оцінюючи науковий рівень і практичну цінність роботи, вважаю за необхідне висловити такі зауваження та дискусійні положення:

1. У роботі ґрунтовно проаналізовано вітчизняні державні будівельні норми (ДБН А.3.1-5:2016, ДБН А.2.2-3:2014), міжнародні стандарти ISO (ISO 19650-1/2, ISO 21500) та загальні наукові підходи до цифровізації будівництва.

Однак, з огляду на специфіку цифрової трансформації будівництва та реалії функціонування будівельної галузі в умовах воєнного стану й повоєнної відбудови, робота значно покращилася як би автор не оминув аналіз спеціальних патентів і нормативно-методичних матеріалів з країн, які беруть участь у воєнних діях, де відбуваються або де нещодавно відбувалися бойові дії, а саме США, Ізраїль Іран, арабські країни, наприклад:

- Нормативні та методичні джерела (США / НАТО / ООН):
 - FEMA P-154 / ATC-20 (США): *Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Hazards*. Практичні інструкції із застосування цифрових систем для оперативної оцінки безпеки й придатності споруд після вибухових руйнувань.
 - UN-Habitat / World Bank: *Digital Post-Disaster and Post-Conflict Needs Assessment (PDNA) Guidelines*. Методичні матеріали щодо інтеграції ERP/BIM-систем при оцінці збитків та плануванні відбудови.
- Патенти з країн:
 - Ізраїль (IL): Патент IL 245123 A — "*System and method for remote structural vulnerability assessment and resource management using UAV and BIM/ERP integration*" (Technion / Israel Aerospace Industries). Розробка описує алгоритми інтеграції даних безпілотного моніторингу в системи управління ресурсами при відбудові.
 - ОАЕ / Саудівська Аравія (AE/SA): Патент US 11,244,262 B2 / AE 2020/0045 — "*Cloud-based Common Data Environment (CDE) for*

post-conflict infrastructure rehabilitation management" (Khalifa University / Red Sea Global). Описує архітектуру об'єднання CDE та ERP для моніторингу будівельних об'єктів із високим ступенем ризику.

Це розширило б аналітичний контекст застосування ERP/BIM-систем при відбудові пошкодженої інфраструктури.

2. Автор вказує, що наукова новизна полягає у розробленні адаптивної цифрової моделі організації будівництва на основі інтеграції BIM-ERP-CDE, а також у введенні *Коефіцієнта інформаційної узгодженості* та *Показника адаптивності*.

На мою думку у розділі 3 та у підсумкових висновках автору варто було чіткіше навести порівняльну таблицю між відомими детермінованими моделями (CPM/PERT, класичний BIM) і запропонованою адаптивною цифровою моделлю за критеріями: *швидкість реагування на відхилення, рівень втрати інформації та коефіцієнт варіантності*.

3. У роботі недостатньо розкрито особливості функціонування розроблених механізмів ERP-підтримки в умовах *мультипроектного управління*, коли декілька об'єктів будівельної компанії одночасно конкурують за спільні ресурси.

4. У практичних рекомендаціях доцільно було б подати більш детальну градацію етапів впровадження ERP-систем залежно від вихідного рівня цифрової зрілості будівельного підприємства (від малих підрядників до великих холдингів).

5. Під час аналізу тексту рукопису виявлено поодинокі стилістичні та синтаксичні недоліки, наприклад:

- С. 35 (Список праць, п. 3): Одруківок у назві статті: «...будівництва об'єктів для оптимізації проектних параметрів» (пропущено апостроф — має бути «об'єктів»).
- С. 41 (Вступ, абзац 5): Некоректне застосування дієприслівникового звороту: «...незважаючи на активний розвиток цифрових технологій у

будівництві, існує наукова проблема, що полягає у відсутності...»
(стилістично краще: «*попри активний розвиток цифрових технологій, наукова проблема полягає у відсутності...*»).

- С. 45 (Вступ, підпункт «Вперше»): Тавтологічне формулювання: «*Вперше: розроблено інтегровану модель ефективності організації будівельного виробництва, яка, на відміну від існуючих, враховує рівень інформаційної узгодженості як керуючий параметр системи...*».
- С. 84 (Розділ 2, підрозділ 2.1): Синтаксична перенасиченість речення: «*У результаті виникає ситуація, коли при зміні умов реалізації проекту (наприклад, затримці постачання ресурсів або зміні технологічних рішень) система організації будівництва втрачає свою ефективність*»;
- та інші.

6. У тексті висновків перспективи розвитку отриманих результатів окреслено загальними фразами щодо «подальшої цифрової трансформації галузі». З метою підвищення наукової цінності роботи пропонується сформулювати їх, наприклад в доповіді або в наступній монографії за результатами досліджень у такій редакції:

1. Інтеграція з технологіями ШІ (Artificial Intelligence) та Machine Learning: Розвиток ERP-підсистеми в напрямі автоматичного прогнозування затримок поставок та автоматичної генерації графіків робіт на основі нейромережевого аналізу накопичених Big Data з попередніх об'єктів.
2. Використання IoT (Інтернету речей) та цифрових двійників (Digital Twins): Поєднання ERP/BIM-моделі з датчиками реального часу на будівельному майданчику (для моніторингу руху техніки, витрат матеріалів та безпеки робітників).
3. Стандартизація на державному рівні: Розробка на основі запропонованого *Коефіцієнта інформаційної узгодженості* методичних вказівок для державних замовників при проведенні тендерних закупівель за процедурами BIM/ERP-супроводу.
7. Рекомендації щодо суттєвого покращення результатів у майбутніх

дослідженнях

1. Посилення математичної формалізації: Доцільно розширити математичний апарат розрахунку *Коефіцієнта інформаційної узгодженості*, додавши ймовірнісні характеристики кривих розподілу ризиків при зміні цінової кон'юнктури ринку матеріалів.
2. Розширення специфіки відбудови пошкодженої інфраструктури: Оскільки у працях здобувача згадуються проєкти відбудови в складних умовах, варто було б детальніше адаптувати ERP-модель до умов підвищеного ризику (наприклад, обмеженість енергопостачання, загрози повторних руйнувань, оперативне розбирання завалів).

Загальний висновок опонента

Дисертаційна робота Железняка Владислава Леонідовича «Цифрова трансформація організації будівництва: моделі та інструменти ERP підтримки управлінських рішень» є завершеною самостійною науковою працею, у якій розв'язано актуальну науково-прикладну задачу підвищення ефективності організації будівельного виробництва в умовах цифровізації.

За актуальністю теми, обсягом виконаних досліджень, науковою новизною, обґрунтованістю висновків і практичною значущістю робота повною мірою відповідає вимогам Порядку присудження ступеня доктора філософії.

Здобувач Железняк Владислав Леонідович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 19 «Архітектура та будівництво» за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

ОФІЦІЙНИЙ ОПОНЕНТ

д.т.н., професор, в.о. завідувача кафедри
будівельних технологій ОДАБА



О. І. Менеїлюк

